

生質基質潤滑油(Bio-based Lubricants)

—市場機會最近研究(A Market Opportunity Study Update)

November 2008, United Soybean Board, U.S.A.

目的與結論(Objectives & Conclusions):

研究目的：目前的研究目的在於將 1997 年市場研究(Lubricants and Hydraulic Fluids—A Market Opportunity Study Dated January 1997)予以更新。所要報告的範圍係影響黃豆油做為潤滑油基礎油執行運用有關其最近技術發展，活絡生質潤滑油(Bio-lubricants)部門的機構，黃豆基質潤滑油(Soybean-based lubricants)的新市場，以及 1997 年原有研究提及市場狀況有關規模大小，成長及其影響市場狀況的關鍵因素。它提供包括正在展開的“生質優先採購計劃”(Bio Preferred Procurement Program)在內的廣泛環境與規制有關覆閱(Environment and regulatory review)。

1997 年原有研究的結論(Conclusion from original 1997 study):

早期的研究無法認定在美國商業上出售黃豆油基質潤滑油(Soybean oil-based lubricants)的任何實質銷售量。有一個潤滑油供應商提供其出售黃豆油基質鋼索(Wire rope)潤滑油。有些油壓機油(Hydraulic oils)係為菜籽油基質者，供為高爾夫球場設備之用。菜籽油係大部份由歐洲進口者，在那裡其規制與環境壓力，經予要求生物可分解性(Biodegradable)及可再生性(Renewable)油脂而必須使用在石化產品(Petrochemical products)不能接受應用的地區為要。在美國有些測試，似乎在供應少量油品的潛在地區擁有將來性，例如滴落油(Drip oils)及鋼索用潤滑油。

在大多市場地區的情況，却沒有將礦油基質潤滑油改用為植物油基質潤滑油的任何有關優惠措施。在那裡沒有規制也沒有環境壓力以強制其改用。加之，植物油基質產品通常較為低氧化穩定性(Oxidative stability)而且擁有低溫流動性(Low temperature fluidity)問題，同時比石化系產品價格更為貴。

當時的預測認為在美國 3-5 年內會訂有規制以要求採用生物可分解性油品以取代礦油系產品。一旦這規制予以設訂，則採用黃豆油及其他可再生性油脂，可能在美國成為重大的成長市場。

這個最近結果的縱覽(Overview of the results of this update):

在正面影響方面，政府機構的有些新優惠措施，經予審慎考量採用生質優先產品(Bio-preferred products)，例如 2002 Farm Bill Article IX 及相繼成立的法案予以要求執行。然而連在這個地區，其生質優先產品仍必須在執行運用與價格上予以競爭才行。由於，在那個時期(1997 年)，尚無規制，不像在歐洲盛行的場合，以強制採用植物油基質油品在環境敏感應用地區予以取代礦油系油品。

經黃豆油取代產品的最成功例子為變壓器介電液油(Transformer dielectric fluid)或稱變壓器油(Transformer oil)。這種黃豆基質產品，擁有更佳執行運用效果與經濟裨益，蓋因它具有更高的閃火點(Flash point)，更長的變壓器服務年限而展延絕緣紙壽命(Life of insulating paper)，良好的生物可分解性與低毒性而且更低的洩漏補救(Spill remediation)成本等等所致。

關於潤滑油最大的單一潛力市場，曲軸箱油(Crankcase oil)尚未發展成為一種產品可符合工業標準。因此，尚在努力工作使得擁有重大的成本裨益機會而其產品可接近所需品質特性為要。目前黃豆油雖然僅能夠少量取代，但仍可展現採用好幾百萬英斗的黃豆潛力。

油壓機油方面，雖已成長，但其成長率仍低而僅佔有這種油品總市場需求的少量取代而已。電梯油(Elevator oil)係業已達成重大成就的區隔市場。經由 USDA(美國農業部)開發予以執照而經由 Bunge/Ag.Tech 公司改進以成功地供為自由女神(The Statue of Liberty)， Penn State University 以及其他市政府、教育研究所等電梯之用。生質基質油壓機油，正在軍事基地，國家研究所以及國家公園予以增進採用。

供為航行引擎的二衝程機油(2-cycle engine oil)市場，其潤滑油係與燃料油配合供用而期待它能夠成為受列管應用的產品。U.S. EPA(美國環保署)業經提倡而將予公佈這些引擎的廢氣排放(Emissions)規制標準。這些二衝程引擎的傳統設計無法符合這些新規制。為了因應這個限制而業已改用高壓系統直接噴射進入燃燒汽缸(Cylinder)而非經化油器(Carburetor)。如此，其廢氣排放限制能夠符合規制標準而且在這個市場須採用生物可分解性油脂的壓力業已消除，蓋因新設計系統的廢氣排放更少的未燃燒碳氫化合物所致。

金屬加工液油(Metalworking fluids)，業已成功地應用黃豆油基質潤滑油。Alcoa 公司與 USDA 業經開發滾動潤滑油(Rolling oil lubricant)。而可以符合 Alcoa 公司的需求，目前並可供為全球工廠予以商業化。

總損耗潤滑油(Total-loss lubricant)方面，未曾有什麼進展。機械鋸油(Chainsaw bar oil)方面亦然。雖然生質潤滑油產品可供用，但卻僅能由於消費者的意願選擇而採用。它較為昂貴，若無規制予以強制，則消費者的選擇，通常以較便宜的礦油基質產品為對象。

鋼索油(Wire rope oil)係某些特別用途之一，於此，經規制予以促進採用生物可分解性油品。

滴落油(Drip oil)的應用，似已消失，雖經 Nebraska 大學提倡黃豆油基質產品予以商業化，但卻逐漸從市場撤銷。

潤滑液油—市場縱覽(Lubricants & Fluids—Market overview)

全球觀察(World View):

據 2007 年 Freedonia 報告，從全球透視，潤滑油總需求的期待量約為 4,180 萬噸(約為 130 億加侖)，其成長率期待約為 2%/年(到 2010 年為止)。最快成長率在於亞太地區，尤其以中國為甚。

在全球市場，其應用區隔如下:

- 引擎機油(Engine oil): 48%
- 加工油(Process oil): 15.3%
- 油壓機油(Hydraulic oil): 10.2%
- 其他(All other): 26.5%

地區區隔如下:

- 亞太地區: 36.7%
- 北美洲: 28%
- 西歐: 12.5%
- 其他地區: 22.8%

美國市場(U.S. Markets):

依據 National Petroleum Refiners Association(NPRA)報告，在美國所有潤滑油的銷售量在 25 億加侖/年範圍(2006 年)，卻比 Freedonia 的估計 36 億加侖為低。NPRA 數據似較為準確，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%
金屬加工油(Metalworking oil): 2.1%
滑脂(Greases): 2.4%

美國市場的總成長率約為 1%/年。工業用油成長較為平淡而汽車用油及金屬加工用油卻減少，然而有些區隔市場卻成長。低成長率係歸因於油脂更換期間變長，而開發高執行運用效果的產品油所致，然而車輛及其他機械用潤滑油卻增加。

歐洲市場(European Markets):

在歐洲比美國擁有更多的通用潤滑油及生質潤滑油市場資訊可用，此可能係由於環境知悉度較高所致。在歐洲使用生質潤滑油已超過 20 年了。此係在於其某些國家經由規制予以推動使用生質產品(Bio products)可能對於“Greener”環境觀念以及可再生性材料的需求比美國為高所致。

在西歐，其所有潤滑油的總市場量約為 16 億加侖。據 Frost & Sullivan 研究(2007 年)，歐洲的生質潤滑油市場預估為 12 萬 7,000 噸(約為 4,000 萬加侖)，其成長率約為 3.7%/年(2000~2006 年)。雖然營收成長提高，但其用量成長仍低，蓋因生質產品價格貴所致。

在歐盟(EU)的生質潤滑油總用量估計為總潤滑油量(16 億加侖)的 1%，相當於 1,600 萬加侖。據法國 INFRA 估計，歐洲的生質潤滑油總市場量為總潤滑油用量的 3.2%。

EU 的某些國家擁有更佳生質觀念，而在德國其生質產品估計為總潤滑的 15%，在北歐國家卻不低於 11%。然而在其他國家，例如法國、西班牙及英國則在 1% 以下。

在歐洲採用供為工業用主要植物油脂為菜籽油。然而並不是所有的生質潤滑油係完全為植物油基質。在某些國家為取得生質標籤卻僅要求採用 50% 的可再生性油脂則可，如此，合成酯油或連礦油亦可供為配製之用。

美國生質潤滑油市場(Bio-lubricant Markets in the United States)

市場定義(Market Definition):

經予估計，總潤滑油用量的大約 50% 係經予損耗消失在環境中。石化基質潤滑油係在

美國主要類型的基礎油(Base oil)而它不易分解，當釋放洩漏後，成為環境災害來源。它成為強大動機以利設法提供生物可分解性的潤滑油供用。加之，近來由於石化產品價格急漲，增進依靠海外來源，其國內油田的生產率降低，以及開發新油資源率亦降低，使得激勵政府及私人機構催促採用可再生性產品以替代石化系產品。生質潤滑油產業，係基於這些壓力，環境顧慮以及其永續性而予以促其成長。

生質潤滑油，通常定義為以生物可分解性而可再生性原料為基質的物料。然而這個定義並不被一般予以接受。在某些地區，僅以生物可分解性考慮做為其定義。為了目前的目的，生質潤滑油將被定義為生物可分解性(Bio-degradable)而可再生性(Renewable)的物料。

生質潤滑油並不須完全由植物基質原料予以組成。它們可係由可再生性油脂，例如油脂由來的脂肪酸(Fatty acids)，經與合成醇類或多元醇(Polyols)所合成製造的酯類(Esters)產品，這些均可考慮為生質潤滑油。同時，天然植物油經予修飾製造產品，仍係為生物可分解性而且可再生性者。

產品的執行運用(Product performance):

植物油基質的生質潤滑油必須克服其由於天然油脂由來的多元不飽和產品(Poly unsaturated products)的固有氧化不穩定性，以致與礦物油基質產品競爭。從 1997 年原來研究以來，業已產生大幅變化。黃豆油基質產品，業經化學轉換(Chemical transformation)配製以及改善附加技術予以改進其特性與執行運用。

加之，已有許多研究顯示黃豆油做為潤滑油的裨益。(Journal of Synthetic Lubrication, 24, 101~1010, 2007)。

不管生質潤滑油的執行運用改進，這些產品的市場成長仍低。其原因在於缺乏規制壓力予以改用所致。該產品通常比礦油系產品為貴，因此，沒有規制壓力則不易使消費者相信將他們認為可接受效用的礦油系產品改為採用生質潤滑油的裨益。

變化來臨—立法計劃(Change is coming—Legislative initiatives):

各種法案，諸如 Food, Conservation & Energy Act, 2008, Farm Security & Rural Investment Act, 2002, Presidential Executive Order #13423 以及 Federal Acquisition Regulation(FAR)，當生質產品可與石化基質產品合理競爭而且適於應用時，予以要求政府機構給予優先採購生質產品來替代石化系產品。USDA 經過好幾年予以完成產品目錄並予定義目前所提及

生質優先產品(Bio Preferred Products)。

“生質優先計劃”(BioPreferred program)最初係由 Farm Security & Rural Investment Act, 2002 (FSRIA)為了增進採購並採用生質產品而予以創設如下:

①聯邦代理機構(Federal agencies)及其契約者的優先採購計劃

②標籤計劃(Labeling program)以利銷售生質產品

經由 Secretary of Agriculture 予以決定生質基質產品(Biobased products)係屬於商業或工業用產品(食品與飼料除外)，它經由全部或大部份生質基質原料所製造者，包括可再生性農產品材料(植物、動物、水產材料)或林業材料在內。

USDA 業已創設 “生質優先產品”(BioPreferred products)目錄，它可從www.biopreferred.gov/catalog.aspx取得。參與這個註冊(Registration)係志願的而生質產品的廠商不必申請其產品以符合優先採購。目前在資料庫(database)擁有 200 項潤滑油有關產品。其產品部門及目前的產品數目如下:

油壓機油：127

混凝土/柏油離型劑(Release agent)：11

金屬加工油：20

二衝程引擎油：4

浸漬油(Penetrating oil)：20

槍炮(Firearm)潤滑油：2

滑脂：18

雖然各聯邦代理機構均須考慮其採購生質優先產品，但當生質優先採購產品價格太高或其執行運用效果並未與礦油系產品相同時，他們可有些任意決定其選擇。加之，最近決定再煉製潤滑油產品將優於生質優先產品。

目前(Sept. 2009) USDA 不擁有機制予以經由不同代理機構予以追蹤或查對生質產品的採購。雖然他們正在努力予以更佳追查，但目前僅由各機構提出一般採購或測試某種生質優先產品而已。例如 USDA 已採用或測試二衝程引擎機油，洩引機油壓機油及黃豆基質油墨(Soy-based inks)，然而其他代理機構卻提及他們欲採購或測試的潤滑油或油壓機油。如此，並不限定政府代理機構必須使用生質優先產品。

聯邦政府係為龐大潤滑油的採購者。一旦政府代理機構獲得這個計劃予以更完全整合，於是其採購係透明而且有關採購的數量及產品的資訊均可容易取得。它必為生質潤滑油的主要推行者。

環境與規制狀況(Environmental & Regulatory Status):

縱覽(Overview):

掌控洩漏預防(Spill prevention)，因應計劃(Response planning)，洩漏通報(Spill notification)及清理計劃(Cleanup)的聯邦環境規制，對於礦油與植物油之間，並無區別予以處理。經予對照“經使用油廢油”(Used Oil Waste)管理規制卻予免除列管植物油產品。然而實際上，許多植物油基質潤滑油並非為 100%的植物基質原料，卻係為石油與植物油的混合物。加之，產品植物油基質油品含有添加劑而它係含有被列管的物質。因此，對於植物油基質潤滑油產品，其實際聯邦環境規制狀況，係比僅劃分植物油與礦油的規制更為複雜，諸如：

- 儲存或管理只有大宗植物油、石化油/植物油混合物，或只有石化潤滑油，均主要由掌控預防油洩漏與因應計劃的相同聯邦規制予以列管。
- 聯邦提報油洩漏要求(Federal Oil Spill Reporting Requirements)(水路或鄰近海岸線)並不區別只有植物油，石化油/植物油混合物或只有石化油潤滑油產品的各種油脂洩漏。
- 聯邦災害物質釋放提報(Federal hazardous substances release reporting)(陸地或水路)，係基於洩漏/釋放產品所含個別的列管化學物質數量而定。因此，提報的任何區別並不在於基質原料的種類而係在於洩漏油產品是否含有被列管災害物質含量層次夠高而須通報者。
- 聯邦清理因應規制(Federal cleanup response regulations)係在於考慮洩漏的數量與性質的有關規制。其因應係隨所提植物油基質潤滑油洩漏油與石化基質油比較，其含有生態毒物性與生物可分解率多少而變化。
- 州政府規制比聯邦規制大多更為包括少量釋放物的清理(尤其陸地)並關連其所有潤滑油產品。蓋因州政府的清理標準通常係以風險為基準所致而植物油基質產品洩漏，若係低毒性而更為生物可分解性者，則似乎可少要求任何重大清理行動。
- “經使用潤滑液油”(“Used lubricant fluids”)產品含有植物油與石油混合物，可依據聯邦“經使用油”(“Used oils”)管理標準予以回收，它係比將其做為災害廢物油管理，更為低成本的方法。可選擇地，只有經使用植物油或礦油/植物油混

合潤滑油，其不含有任何被列管災害廢物的污染者，可以當做固體廢料 (Solid waste) 予以處理，係為更具彈性而且低成本的管理選擇。

對照環境規制，聯邦採購規制可供為區別石油基質產品與生質基質產品(包括植物油基質潤滑油在內)。生質基質潤滑油產品特定部門，經 USDA 指定後，則由聯邦代理機構給予採購優先。加之，USDA 正在努力開發“經 USDA 證明的生質基質產品”(USDA Certified Biobased products) 標籤，它比由廠商及賣主予以認證及確認其在商業化與消費者市場以及聯邦市場供用更為佳。

最後，聯邦及州政府有關提報與規制溫室效應氣體(Green house gas, GHG)排放的主要活動以及現存的志願計劃，例如美國環保署 EPA 的“Climate Leaders Program”，均正在產業及商業使用者間，引起增進興趣以替代或減少使用石化基質產品。若生活週期分析(Life-cycle analysis)顯示植物基質潤滑油產品比石化基質潤滑產品更可降低 GHG 衝擊，則前者有助於增進這個興趣。

聯邦優先採購及產品標籤(Federal Preferred Purchasing and Product Labeling):

將農場安全與農村投資法案，Farm Security & Rural Investment Act, 2002 (FSRIA) 的 9002 款項，經由 Energy Policy Act, 2005 及 Food, Conservation & Energy Act, 2008 予以修改如下：

- 要求聯邦代理機構對於經由 USDA 指定的生質產品給予優先採購，而包括在聯邦代理機構契約下的產品在內。(除非代理機構認定生質產品並非在合理的期間內可用，未能符合執行運用標準或只能在不合理的價格供用，則優先可應用)。
- 要求 USDA 對生質產品廠商予以創設志願計劃與判斷標準，以利採用“經 USDA 證明的生質基質產品”標籤。

(a) 優先採購(Preferred Purchasing):

為了履行 9002 款項，USDA 創設生質優先(Bio PreferredSM)計劃。在其計劃下，USDA 必須將到目前為止指定的 33 項部門(33 item categories)供為優先採購，它包括下列 9 個潤滑油、滑脂以及液油產品：

- 1) 供為機動設備(Mobile equipment)的油壓機液油(生質含量 44%以上)
- 2) 浸漬油潤滑油(Penetrating lubricants)(生質含量 60%以上)

3) 裝填液油的變壓器(Fluid-filled transformers):

- 合成酯基質(生質含量 66%以上)
- 植物油基質(生質含量 95%以上)

4) 金屬加工液油(Metalworking fluids):

- 未稀釋油(Straight oils)(生質含量 66%以上)
- 通用可溶、半合成或合成油(生質含量 57%以上)
- 高效率可溶、半合成或合成油(生質含量 40%以上)

5) 二衝程引擎油(生質含量 34%以上)

6) 供為固定設備的油壓機液油(生質含量 44%以上)

7) 混凝土與柏油離型液油(Release fluids)(生質含量 87%以上)

8) 槍炮潤滑油(生質含量 49%以上)

9) 滑脂(Greases):

- 食品級滑脂(生質含量 42%以上)
- 多用途滑脂(生質含量 72%以上)
- 鐵路軌道滑脂(生質含量 30%以上)
- 卡車滑脂(生質含量 71%以上)
- 非特定滑脂(生質含量 75%以上)

由於 USDA 考慮指定的其他項目部門，包括：機械鋸潤滑油、防腐蝕油、齒輪油、多用途油、水渦輪機軸承油(Water turbine bearing oil)，滑道潤滑油(Slide Way Lubricant)，引擎油、熱媒液油以及渦輪機滴落油(Turbine drip oil)。

加之，聯邦政府業已修改其 Federal Acquisition Regulation(FAR)予以附加生質基質產品的優先採購條款。當經契約採購產品與服務時，FAR 擁有由聯邦代理機構所使用的政策與程序。在 FAR 的生質基質條款包括要求代理機構考慮生質基質產品的最大實用性用途(“Maximum practicable use”)與服務：

- 當開發或修改規範時，給予產品說明與標準

- 說明政府對產品與服務的要求
- 拓展契約來源選擇因素(Source-selection factor)

Food, Conservation & Energy Act, 2008 又予以附加要求代理機構必須按年提報下列資訊給聯邦採購政策辦公處(Office of Federal Procurement Policy, OFPP):

- 履行措施與代理機構生質基質採購計劃的結果
- 直接採購生質產品的契約件數目與價值
- 生質基質產品契約及其服務次數
- 由契約者所使用生質產品的類型與美元價值

加之，General Service Administration 及 Defense Logistics Agency 被要求每年提報給 OFPP 有關經由聯邦代理機構採購生質產品的最大實用性用途，類型及美元價值。

聯邦生質產品採購計劃，正在形成而達到各聯邦代理機構間能夠認識的水準，以顯示其將帶領增進生質產品的採購。類似的角色，聯邦政府，業已確認其採購與使用回收與再回收產品內容，而聯邦生質產品採購計劃可協助確認並在工業市場設立增進採購生質產品的範例。

(b) 標籤計劃(Labeling Program):

目前 USDA 正在對“經 USDA 證明的生質基質產品”標籤計劃，予以提出其建議的草案。它正在考量決定何種產品特性才能獲取標籤及何種資訊將准予呈現在標籤上。這些討論中議題有：生質基質含量層次，測試程序，執行運用效果資訊或要求，生活週期(Life-cycle)資訊，環境與健康裨益資訊，誰能夠申請標籤，標籤可用期限，重新認證程序，以及檢查等項目。

一旦經予核定，則該計劃將讓廠商及賣主使用 USDA 商標(logo)，以確認其生質基質產品。其標籤將用於最後產品及供為製造產品的中間產品。該計劃的用意在於支持其產品認證而可超越聯邦政府予以使用並且供為教育與告知消費者。USDA 標籤係希望能夠提供給上述生質基質產品予以長期的第三者認證。

技術改進(Technology Advances)

黃豆油、菜籽油及其他植物油的氧化穩定性(Oxidative stability)，係由於其所含有多元不飽和脂肪酸(Poly unsaturated fatty acids)，例如亞油酸(Linoleic acid)及亞麻油酸(Linolenic

acid)而來。經予修飾黃豆油以改進這種成份物質的效應而提供穩定的油脂產品，以利與礦油系潤滑油競爭。其各種不同途徑方法如下:

1) 添加劑技術(Additive technology):

油脂產品配方，不管它為生質基質或礦油基質，均被視為專業資訊。通常甚難知道其開發產品中的黃豆油經予調配什麼添加劑。其專利不會提供有關資料。經專利文獻只能得悉某些研究者，經予基於添加劑技術予以開發穩定的產品。

2) 油脂修飾處理(Oil treatment)—化學轉換與聚合反應(Chemical transformation and Polymerization):

通常有許多不同方法予以修飾植物油的多元機能性(Multifunction)。某些提報多元不飽和問題，包括烷化反應(Alkylation)、醯化反應(Acylation)、氫甲醛化反應(Hydroformylation)、氫化反應(Hydrogenation)、低聚化反應(Oligomerization)、聚合反應(Polymerization)及環氧化反應(Epoxidization)，均可促使改變油脂特性。

資訊文獻：Review—Plant-oil based lubricants and hydraulic fluids by Manfred Schneider, <http://www3.interscience.wiley.com/journal/112736853/abstract>

除了聚合反應以外，未曾有商業上可應用產品係基於這些修飾處理予以認證者。通常聚合反應係供為製造穩定的油壓機油(Hydraulic oil)以供電梯應用。雖然有可能經這些轉換反應而改進其穩定性可接受的最後產品，但除了聚合反應以外，其修飾或添加過程似乎擁有阻礙而受制廣泛的商業化採用。

Dow Chem 公司，業予開發黃豆單體(Soy monomer)而目前經予加工成為黃豆多元醇(Soy polyol)以供製造塑膠(Plastics)，而該公司認為這種單體可適合於經由化學轉換反應以供應潤滑油市場。其有關文獻如下:

Engineered soy oil for new value added application, by Phuong T. Tran, Michigan State University

3) 轉酯化反應(Transesterification):

轉酯化反應似乎可用於某些生質潤滑油產品的製造。經由以多元醇(Polyols)例如三甲基丙烷(Trimethyl propane)，新戊基二元醇(Neopentyl glycol)或戊四醇(Pentaerythritol)來替代植物油的甘油(Glycerin or Glycerol)可獲得改進潤滑油的執行運用效果。這些物料係被認為半合成者，而係生物可分解性，但非為完全可再生者。

4) 遺傳基因修飾(Genetic Modification):

黃豆油及其他植物油的遺傳基因修飾有關研究，業已進行好幾年了。主要生命科學公司(Monsanto 公司及其種籽公司，如 Asgrow 及 DuPont 以及其種籽公司 Pioneer)，經與許多大學及 USDA 研究人員在這部門活絡工作而受到美國黃豆基金會(United Soybean Board, USB)的相當支援。許多這些研究，業已集中焦點在減少飽和及多元不飽和脂肪酸含量的油脂而某些品種，業已上市供應，它擁有改良的低溫流動性(Low temperature fluidity)及稍微增進其氧化穩定性(Oxidative stability)。

DuPont 及 Monsanto 公司在 USB 技術顧問小組(Technical Advisory Panel, TAP, 2007 年)報告他們在中油酸及高油酸黃豆油(Mid & high oleic soybean oil)方面的研發繼續有所進展。DuPont 公司擁有基因改造的高油酸(80%以上)，亞麻油酸 3%以下的品種黃豆油而業已評價其商業化。Monsanto 公司，業已銷售低亞麻油酸(3%以下)，低飽和脂肪酸(9%)的品種黃豆油產品，而將其稱為 Visitiv™ I，係經由傳統育種方式予以開發者。Visitiv III 品種，係經由 Visitiv™ I 的突變品種(Transgenic variety)育種予以獲得高油酸的基質原料，可供為更有用的潤滑油應用，它含有 73%油酸及飽和酸與亞麻油酸各為 3%以下。

這種擢升對於工業用潤滑油甚為重要而其樣品經由 Valvoline 公司予以評價，以供為高溫引擎油及油壓機油之用。該兩公司亦正在研發予以提升總含油量超過目前平均值(11.7 磅油/英斗黃豆)的潛力。

對潤滑油擁有更具將來性研發之一者，係由 DuPont/Pioneer 公司所開發者。他們發表高油酸黃豆油商業化的計劃與銷售(2009 年)。其黃豆品種，將以品牌名 “TRe US®” 予以出售。其黃豆油可供為良好的食品應用，蓋因它不需要經氫化(Hydrogenation)以獲得較長的儲存性而使食品廠商在食品標籤上避免反式脂肪與反式脂肪酸(Trans fats & Trans fatty acids)的爭議。這個產品對於黃豆油類產品必具附加價值。它經由大大地降低化學組成實體(Chemical entities)以減少由於亞油酸與亞麻油酸引起的氧化穩定性問題而實質上係增加油酸(Oleic acid)含量。DuPont 公司新穎高油酸黃豆油(High Oleic Soybean Oil, HOSO)產品所期待的脂肪酸組成如下：

	硬脂酸/棕櫚酸 16:0 and 18:0	油酸 18:1	亞油酸 18:2	亞麻油酸 18:3
傳統黃豆油	15	22	55	8

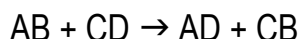
高油酸(HOSO)黃豆油	4~5	78~82	2~6	<3
--------------	-----	-------	-----	----

高油酸黃豆油(HOSO)的組成，係 2007 年在美國經 16 批樣品測試所得的數據。這顯示新黃豆油將實質上比無修飾者更為增加其穩定性與執行運用。它將帶有基因修飾(GM)標籤而其成本似乎將較為高，蓋因 GM 產品要求予以特殊處理而與無修飾油脂予以區隔所致。

DuPont 公司經予勸告，2009 年的油籽(Oilseed)將相對的較小。這個產品的將來可用性必會提升生質潤滑油產業的價值。必然地，其配方將必須予以修飾以利新黃豆油的組成。實際上，這個可能對於無法製造符合規範要求潤滑油的那些公司提供開啓作用。它尤其在氧化穩定性主要問題的曲軸箱油(Crankcase oil)方面產生實質作用效果。DuPont 及 Valvoline 兩公司，經予討論由 HOSO 製造曲軸箱油的可用性與發展。

5) 新研究方法(New approaches):

擁有潛力的新穎研究方法以改進黃豆油的氧化穩定性，係將從新公司(Elevance Renewable Science)開發出現。它係 Cargill 與 Materia 公司合作投資在加州設立者。後者為複分解化學(Metathesis)特定專業公司。複分解化學係由兩個化學物質互為交換鍵結的雙分子反應過程(Bimolecular process)而形成為新反應物，例如；



這種化學反應可產生擁有將來性的修飾黃豆油。其一個未經解決問題，係其生物可分解性，然而是否可被認定為可再生性或合成的產品卻未定。這個方法的目的是在於改進黃豆油的穩定性與執行運用效果，然而卻產生比原來的原料油更高的某些附加成本。此係成功的黃豆油新產品比礦油系產品更為高價的一部份理由。近來礦油系油品價格戲劇性的上漲而植物油亦然。

生質潤滑油市場(Markets for Bio-lubricants)

(1) 曲軸箱油(Crankcase oil):

曲軸箱油，顯然地，係全球潤滑油市場的最大部門，僅在美國其需要量每年超過 10 億加侖。它係非常要求執行運用效果的產品部門尤其植物油固有障礙因素尚未成功地被克服的長期氧化穩定性為甚。雖然成本，豐富的技術研究，以及符合工業標準等，尚有爭議，但卻引起主要工業領導者注意其長期商機。

a) 經濟因素(Economic factors):

Valvoline 公司欲將引擎油(Engine oil)引進沒有競爭性的市場。其完整例子係將引擎油供為高哩數(High mileage)車輛之用。它係最初經予銷售這種油品而使其成為新而有利潤的區隔市場。他們認為使用這種可再生性成份物質，係找到另一個獨特產品的途徑。其產品研究受到 USB 的協助予以部份資助其研發。

b) 技術因素(Technical factors):

黃豆油(以及其他生質液油)的極高粘度指數(Viscosity Index, VI)及甚低揮發性(Volatility)經予吸引 Valvoline 公司興趣，蓋因它擁有節省粘度修飾處理費用的潛力，以獲得其所需品質等級的粘度產品所致。經對照，得悉必須加入有關添加劑(Additives)以促使黃豆油在高低溫下予以穩定化。

c) 平衡經濟與技術因素(Balancing economic and technical factors):

含有生質液油及特殊添加劑的最後產品引擎油的成本，須與市場利潤商機予以平衡才行。在計劃初期隨石油產品成本急漲而黃豆油成本亦在變動，然而目前所有原料價格急速波動而由此得悉充其量經濟考慮仍不確定。然而 Valvoline 公司卻就此目標予以採取對策，而經由其研究方式及 USB 繼續支援予以維持合理的高層次利益到今天。

d) 工業標準(Industry Standards):

高品質引擎油的有聲望商人，採取所有必須程序以符合經由產業參與者(如做油脂買賣的商人、添加劑供應商、引擎廠商等)互為設定的執行運用效果標準。如此，Valvoline 公司，業已進行採用廣泛引擎測試而完全符合最近工業標準的配方。在經由 Valvoline 公司生質基質油品設定目標的美國市場其任何一個或所有工業標準必須予以符合下列規範:

諸如，American Petroleum Institute(API) SM, API Energy Conserving & International Lubricant Standardization and Approval Committee IL SAC GF-4。Sequence III G (氧化穩定性)，Sequence IV A (Valve train wear)，Sequence VG (Low temperature sludge & varnish)以及 Sequence VIII (Bearing corrosion)均係 API SM 所要求的引擎測試。加之，Ball Rust Bench Test 亦須符合這些規範。Sequence VI B (Fuel economy)亦要求 IL SAC GF-4 及 API 能源保全規範。經予通過執行運用必須再經予證明示範這

些測試均係針對上述三項工業標準以支持 API 認可執照。

關於礦油與聚烯烴(Poly alpha olefins, PAO)，API 導引(Guidelines)可使某些油品的引擎測試結果供為適合其他油類的評價。然而最近 API 再證實所有被要求的引擎測試(Sequence Engine Tests)必須採用生質液油含量的油品予以進行並且通過才行。

e) Valvoline 公司配方與其測試經驗(Valvoline Formulation & Testing Experience):

在產品研究可用的黃豆油品種中，傳統的黃豆油所含油酸含量並不受考慮，蓋因缺乏高溫度穩定性所致。Valvoline 公司的起初研究，係採用中油酸(Mid-oleic, 53%以上)的黃豆油。連這種擁有相當高溫穩定性而且可維持良好的低溫流動性的品種油，仍係擁有必須予以解決的障礙。

Valvoline 公司經予採用特定低溫流動性改善劑(Improver)/流動點抑制劑(Pour point depressant additives)以解決低溫流動性議題。該實際經由該公司使用的添加劑配方，係被考慮為專利性的。

一旦經予解決低溫流動性議題，Valvoline 公司則經由 Sequence VIII 引擎測試予以處理軸承腐蝕(Bearing Corrosion)問題。經相當多的研究予以選擇採用腐蝕及氧化抑制劑種類以利完全防制引擎銅-鉛軸承的腐蝕問題。其實際添加劑配方，仍擁有專利性的。進一步的測試提示 Sequence III G 及 Sequence VI B 以外的引擎測試比較容易予以解決。

Sequence III G 測試仍然係為最關鍵的障礙。經予通過這個測試又會遭遇到必須再通過 Sequence VI B 燃料經濟效益要求的關鍵問題。若產品油脂經受氧化，它會增稠而降低油脂賦予燃料經濟功效。

將黃豆油含量由 20%降為 5%並進一步修飾調整抗氧化劑配方則能夠改進 Sequence III G 執行運用效果，但尚未獲得其達成結果甚為接近通過 Sequence III G 測試結果。其他引擎測試，亦將中油酸(Mid-oleic)改為高油酸(High oleic)黃豆油供用，可能擁有最佳結果。一旦引擎測試獲得通過，該公司將進行田間測試(Field testing)。

f) Valvoline 計劃的關鍵課題(Key Lessons of the Valvoline Program):

經由 Valvoline 計劃，獲得幾個明顯的經驗關鍵因素如下:

- 若潤滑油配製業者，僅將黃豆油或其他生質液油予以替代潤滑油中的礦油系基質原料，連僅為低含量替代的場合，則其執行運用效果似乎將予以降低。
- 選擇適宜的添加劑則可回復經由添加生質液油所引起損失的執行效果。
- 含有生質液油(Bio-fluid)的潤滑油必須予以徹底測試以利預防消費者設備引起不佳的執行效果。
- 有聲望的油業商人，必須進行在實驗室及田間必要的測試，以確保消費者設備的執行效果。

(2) 變壓器液油(Transformer fluids):

變壓器介電液油(Transformer dielectric fluids)，亦即變壓器液油，近 10 年來，業已產生各種重大的變遷。在過去一些時期，多氯聯苯(Polychlorinated biphenyls, PCBs)經被廣泛採用。火燒延緩作用性(Fire retardant)的這個化學品被視為係高度有用的材料物質，然而其缺點在於其毒性及缺乏生物可分解性所致。任何這種產品物質的洩漏(Spill)需要擴大而昂貴的清理作業過程以利從土壤中去所有其殘留物質。在 1970 年代 PCBs 由於其對健康與環境的災害效應而被禁用。爾後經予研發新式變壓器液油，它包括石油臘礦油(Naphthenic mineral oil)而在 2000 年初期美國的總消費量約為 4,500 萬加侖/年時，它係主要的變壓器液油產品(Cargill 公司報告)。更為特殊型態的產品，亦經予開發並予銷售，包括高分子量碳氫化合物(High molecular weight hydrocarbons)，合成酯類(Synthetic esters)及矽脂液油(Silicone fluid) (Dow Corning 產品)。

經由 Iowa 州 Waverly Light & Power 公司發生昂貴的油洩漏(Oil spill)災害後，於 1990 年初期發明了黃豆基質變壓器液油。該公司總經理 Glenn Cannon 認知其公用事業設備，係被豐裕的 Iowa 州農地包圍，因此，必須對於石化系變壓器液油，設有環境安全解決措施為要。他與 Dr. Lou Honary (University of Iowa's Ag-based Industrials Lubricants Research Program)，Ermco 公司以及 Cargill 公司等合作以研發黃豆基質變壓器液油，稱為 Bio Trans 1000，該液油經證明可加強變壓器的執行運用效果而且係為環境友善(Environment friendly)可供為各種電力設備應用。

2003 年間，黃豆基質油做為變壓器液油的研發在 Cargill 公司計劃下更為加速。該研發係部份由 USB 資助以評價其幾項特性與執行運用效果。該結果經予提報在 2004 年 USB 技術小組及 Cargill 公司報告，即 USB Technical Advisory Panel on Lubricants, Sept. 22, 2004, and Development of Soybean Oil-based Transformer Fluids, Cargill, Feb. 20, 2004。

2004 年 9 月經予公佈 Cargill 公司與 Cooper Power System 公司合作開發 Cooper 公司的黃豆基質器液油 Enviro Temp[®] FR-3[™]。Cargill 公司經予停止其競爭性介電液油 Bio Trans 油的生產而全力以赴發展 Cooper 產品。6 年後發表包括黃豆基質變壓器液油在內的國際聯盟而 Cargill 公司開始在全球的工廠生產 Cooper 公司的 Enviro Temp[®] FR-3[™] 以配合其需求成長。在美國市場亦提供 Enviro Temp[®] 品牌的植物油基質產品服務。

目前生產的植物油基質變壓器液油，可以被認為特級產品而提供在某些方面比其所予以替代的傳統礦油系產品更為甚佳的執行效果。除了生物可分解性及低毒性而更具有可節省油洩漏補救費用的潛力以外，它提供燃燒點(Fire point)超過 300°C 的安全優點，係由於礦油系產品的燃燒點僅為 145°C 所致。變壓器的使用壽命延長，實際上係由於其絕緣紙壽命(Life of insulating papers)增長 5 倍以上所致。對照地，目前所生產的生質基質液油並不像礦油系產品在極低溫下那麼耐用，而尤其在嚴冬條件地區受限裝填供用。加之，在美國市場所經驗的特優執行運用效果，係由於其使用標準密閉型變壓器系統所致，然而在歐洲由於採用標準開放型系統設備而甚須要求使用更高氧化穩定性產品所致。

有些轉換為較新的黃豆基質變壓器液油的例子如下: Common Wealth Edison 公司經予更換其 4,000 個使用礦油系液油的變壓器而改用新式的黃豆基質液油並且每年將繼續購買 4,000 個新式黃豆基質液油絕緣的變壓器供用。目前該公司擁有 50 萬個以上的變壓器供用服務。總部設在 Minneapolis 的 Xcel Energy 公司公佈該公司改用 Cargill 公司生產(由 Cooper Power System 公司銷售)的 Enviro Temp[®] FR-3[™] 黃豆基質變壓器液油，並計劃使用黃豆基質產品在其 13,000 個以上的變壓器供用。如是，一些大型電力公司亦計劃改用黃豆基質產品液油，例如 Alliant Energy 公司早已改用黃豆基質產品。Xcel Energy 公司避免使用約為 33 萬 6,000 加侖的礦油系液油而指定採用 FR-3[™] 液油。

如此，顯然地，黃豆基質變壓器液油銷售，其起跑甚為順暢而其未來銷售似具將來性。據 Cooper Power System 公司估計，2008 年黃豆基質液油的銷售量將達約為 600 萬加侖/年，到了 2011 年將增加至 2,000 萬加侖。

美國變壓器液油市場的總銷售量估計為 6,000 萬加侖/年，而為服務正在成長的全球市場，Cargill 產品將在美國、巴西以及其他各地區予以生產並供應。

(3) 電梯油壓機液油(Elevator Hydraulic Fluids):

Agricultural Research Service (ARS)與 Agri Tech 公司經予開發黃豆油基質的油壓機液油，它可符合高能見度建築物，如“自由女神”電梯的要求供用。該液油經被核准供為“自由女神”電梯之用而由 ARS 給予執照。Burge/AgriTech 集團廣泛銷售其產品，然而商業市場的接受度較低。該產品優點在於冬季不須要予以加熱而夏季亦不必予以冷卻，係由於其高粘度指數(Viscosity Index)所致。其主要顧客有大學(Penn State University 係其大顧客)及醫院。Otis 公司係最大的電梯公司，但尚未成為買主。這種液油價格約為 15 美元/加侖，然而相對應的礦油產品只有 9.5 美元/加侖，除非在考量環境因素甚為被重視的地區，其價格差異成為競爭阻礙。

Hydro Safe Oil Division 係另一個電梯液油的供應商。它銷售廣範圍粘度的油品供為電梯之用，而期待今年銷售 4 萬加侖給商業顧客及某些政府機構。它主要以菜籽油(Canola oil)為基質，其價格為 14.8 美元/加侖，業經有許多顧客採購而期待其銷售能夠成長。據云，陸軍機構亦欲採購較多量的該液油供為戰車之用。

電梯液油市場係實在的，在美國及加拿大約有 80 萬台電梯在作業而其中約 75%係採用油壓機式者。據保守的估計，平均每台電梯須用 400 加侖液油，因此，總需要量約為 2 億 4,000 萬加侖。年補充量約為 8%/年，因此總補充量將達 2,000 萬加侖/年。

此係實質的市場潛力而必能吸引生質潤滑油產業的注意。這個市場的真實阻礙在於當實際上生質基準油的價格較為昂貴時，沒有規制以強制採用它。Bunge 與 Hydro Safe 產品提供廣範圍溫度下穩定的粘度、耐火性、永續性以及生物可分解性。採用礦油系產品時的洩漏油補救處理成本，可以抵消生質基質油的高價格成本，然而目前這個優點仍受制於如何改變該地區規制導引，以利列管採用。

以上所提及係 1997 年原有研究以來新穎商業上成功地引進的黃豆油基質工業產品

例子。

(4) 其他油壓機液油(Other Hydraulic Fluids):

油壓機液油僅次於曲軸箱油的銷售，亦擁有最大量潛力。目前在美國其用量約為 2 億 2,800 萬加侖/年而其成長率仍較為平淡，因此，其總需求量並無變動。

由於這個區隔市場擁有這麼大的潛力，以致大多生質潤滑油供應商提供廣範圍的生質產品以符合這個產業的需求。雖然其用量仍少，但具有成長應用的空間。預估其成長率約為 1%。

若確有 1%的成長率則代表約有 200 萬加侖/年的增加用量。它係用在一些策略性的部門，諸如，國家公園、陸軍基地、國家研究所、高爾夫球場、食品廠、一些農用洩引機以及油壓機式電梯，尤其油壓機式電梯為最大需求者之一。

(5) 金屬加工液油(Metalworking Fluids):

另外一個成功的黃豆油潤滑油應用，係金屬加工用的滾動油(Rolling oil)。Alcod 公司與 USDA 簽約(Cooperative Research & Development Agreement, CRADA)以開發生質基質滾動機油(Rolling mill oil)。該開發甚為成功而該公司在全球擁有 4 個鋁片滾動加工廠，並將這些拓展應用在金屬切割及鑄造(Metal cutting & casting)供為模型離型劑應用(Mold release)。據云，該生質液油比傳統液油更為節省成本。目前 Alcoa 公司產品約為 10 萬加侖/年，以滾動機油為主，而在往後 3~5 年內，期待其擁有重大成長。

植物油基質的冷卻與切割液油方面甚為成功地予以拓展。2008 年 Houghton 公司提報使用未經認證的植物油以替代礦油系液油產品而這種金屬加工液油產品實質上可節省冷卻劑廢物處理與丟棄費用，供為生物殺除劑(Biocide use)用途，又可節省工具並增進研磨能力。該公司目前並未將其加工液油列在 USDA 生質優先採購目錄。

2006 年 Shelie Miller 博士論文，題為 Comparative Life Cycle Assessment of Soybean Based and Mineral Oil Lubricants in Aluminum Rolling，經予發表在 Society of Tribologists & Lubrication Engineers 期刊(May 15, 2005)，供參考。

(6) 二衝程引擎油(2-Cycle Engine Oil):

1997 年的市場研究，認為礦油基質的二衝程引擎油，係必須被替代的最佳例子，尤其航行應用方面為要。這些二衝程引擎係採用燃料油與潤滑油的預混油(Premix)

而經由引擎化油器(Carburetor)予以控制。引擎經由預混油排放高量未燃燒碳氫化合物進入水域及空氣。為了因應這種污染情況，EPA 提倡並將公佈新規制以掌控二衝程引擎的排廢氣。(參照所提標準規制：<http://www.epa.gov/oms/reqs/nonroad/marinesiequipld/420f07032.htm>)。依據 National Marine Manufacturers Association(NMMA)，將禁用二衝程引擎，蓋因它不能符合嚴格的排廢氣標準所致。

如此，航行引擎產業，經予開發新式高壓燃燒噴射引擎，它係高效率，可少用潤滑油而且可符合 EPA 所提議排放廢氣標準。這種新引擎(E-TEC 引擎)，將於 2010 年替代目前使用的二衝程引擎。

由於引進清潔而有效的引擎，而使得不須再找替代潤滑油的研究壓力。它僅排放甚少量的未燃燒碳氫化合物，以致可降低使用生質潤滑油並給予優惠措施的要求。

(7) 機械鋸油(Chainsaw & Bar Oil):

機械鋸油市場較小，而經估計其產量約為 2~3 百萬加侖/年。它係供為總損耗潤滑油應用(Total oil loss application)以供機械鋸潤滑之用。經使用所有潤滑油均予以排放而污染環境，以致引起考量採用生質基質產品以替代礦油系產品。它在歐洲已被採用，但在美國甚少使用這種生質潤滑油。這種潤滑油，係隨消費者需求予以選擇採用。雖然生質潤滑油可供用，但其價格比礦油系產品為貴。通常僅供為低成本產品，其銷售量僅約為總液油的 5%而已。它係生物可分解性產品。

主要機械鋸公司(如 Stihl 公司)曾因消費者要求而提供生質產品，此係可能由於聯邦要求予以考量將生質產品供為所有的潤滑油應用所致。

(8) 鋼索滑脂(Wire Rope Grease):

在早期研究鋼索用潤滑劑的應用，被考慮實際上應該在設有規制的地區執行才行。海岸保衛規制(Cost guard regulation)經予禁止艦隻在水路上產生可視發光油污染而它係由於使用在錨(Anchors)，撈泥機(Dredge)以及相關應用上的鋼索所帶來的滑脂殘留油所致。若產品這些發光殘油，除非其係採用生物可分解性潤滑油，否則予以課罰金。經估計，這個市場規模較小而約為 50 萬加侖/年，它包括製造及裝飾期間使用的潤滑油在內。然而美國其總使用量較小，卻似乎達 100 萬加侖/年。

通常認為供鋼索用的生質潤滑油成本太高，以致無法繼續採用，而係隨顧客需求

選擇採用。

(9) 鐵路軌道潤滑油(Railroad Lubricants):

它擁有兩種總損耗潤滑油(Total loss-type lubricants)形態的軌道關連潤滑油，即軌道上使用的潤滑油(Top-of -rail lubricant)與儀錶用滑脂(Grease)。前者係使用於控制摩擦並非為了控制磨損。據云，不管石油系及生質系材料潤滑油，均無法適用於其要求。他們使用水性無機材料，經乾燥後予以供用以利控制摩擦。其市場規模較小，約為 60 萬加侖/年。

生質產品可供為儀錶用滑脂，但有些廠商卻認為黃豆油基質產品不甚適用。

(10) 供應公司與其產品系列(Supplier Companies & Product Lines):

由 USDA 運作的生質優先計劃(Bio Preferred Program)列有各供應公司選擇予以註冊的所有生質基質潤滑油。目前有 200 多項產品分別列在下列各部門:

油壓機油:	127	混凝土及柏油離型劑:	11
金屬加工油:	20	二衝程引擎油:	4
浸漬油:	2	槍炮潤滑油:	2
滑脂:	18		

經有許多公司與這些部門接洽供應。經由USDA設立各部門的生質優先目錄(Bio Preferred list)，經各公司提供產品目錄並經下列網址可予以比較其各有關特點。<http://www.biopreferred.gov/catalog.aspx>

全球 20 家最大潤滑油供應公司中，只有兩家備有 Bio 優先產品目錄，即 Exxon Mobil 公司及 Fuchs 公司。該 20 家最大潤滑油公司，依序其供應能力大小列舉如下供為參考:

Shell ; Exxon Mobil ; Bp ; Cherron ; Petrochina ; Sinopac ; Lumoil ; Total ; Fuchs ;
Nippon oil ; Idemitsu ; Valvoline ; Conoco Philips ; Petronas ; CPC ; Petramina ; PDVSA ;
Repsol ; SK corp ; Indian oil 。

結論與展望(Conclusion and Outlook)

生質潤滑油，業經成功地增進發展以在變壓器液油、電梯與其他油壓機液油以及金屬滾動油等各部門予以替代礦油系潤滑油產品。除了變壓器液油以外，生質潤滑油

的使用，僅佔有目前潤滑油總用量的一小部份而已。在這些部門的生質潤滑油用量/年估計如下：

變壓器液油	600 萬加侖
壓機液油	200 萬加侖
機械鋸油	10 萬加侖
軌道滑脂	5 萬加侖
鋼索油	2 萬加侖
二衝程引擎油	2 萬加侖

目前在美國缺乏規則予以強制在環境敏感地區使用生質潤滑油，係為要克服的主要障礙因素。2002 Farm Bill 要求及在潤滑油部門剛生效的相繼立法計劃，均係邁向開啟生態標籤計劃(Eco-labeling Program)，猶如在歐洲執行情況。目前，雖然邊際有效，但將來必成為更多的因素促進其成長。

缺乏規制的壓力以強制其採用而且通常生質潤滑油係屬特級價格產品，使得供應商較難競爭以促其在這個部門予以成長。這個狀況係由於成功地更為招引大家注意而正在改變中。

主要潤滑油供應廠商缺乏生質潤滑油產品，係提示他們仍必須認定這個部門足夠大以證明他們目前來參與其營運是正確的。

一般相信潤滑油部門，將在往後幾年內更加速成長而比 1997 年原始研究以來所經驗者為佳。於此，有兩個主要因素來造成這種狀況：

- 1) 可供商業化數量的高油酸黃豆油(HOSO)可用性，將帶來更為穩定而且更佳執行運用效果的產品，供為各等級潤滑油之用。此可使黃豆基質產品獲得比菜籽油及礦油基質潤滑油更多機能性的競爭。
- 2) 聯邦政府生質優先計劃，將所有代理機構提報他們所使用這些產品的有關數據—種類與價格。這種透明化數據資訊，將促進這些產品在所有政府及私人區隔市場予以採用。經預測估計，生質潤滑油產品銷售，將每年成長 5~8%。

附錄(Appendix)

環境與規制縱覽(Environmental & Regulatory Review):

1. 聯邦預防油脂污染規制(Federal Oil Pollution Prevention Regulations):

美國環保署(U.S. Environmental Protection Agency, EPA)在清潔水法案及油脂污染法案(Clean Water Act and Oil Pollution Act)的權力下，對於擁有潛力將要或排放到美國航行水路及附近海岸的石油與非石油等油脂類，予以規制預防洩漏(Spill prevention)，準備(Preparedness)及因應計劃(Response planning)。其規制包括下列：

- a) 預防洩漏控制及對策(Spill Prevention, Control, & Countermeasure, SPCC)規則：這個規則(Rule)要求廠商擁有油脂儲存設備容量超過某一定量(即 地上儲存容量大於 1,320 加侖(Gallons)及地下儲存容量超過 42,000 加侖者)應予準備履行計劃以預防排放油脂到美國航行水路或附近海岸。這個計劃必須包括：作業過程方法以執行預防油洩漏；控制措施以預防油脂進入航行水域或附近海岸；有關對策包括清理與減輕油脂洩漏的影響。
- b) 工廠因應計劃規則(Facility Response Plan, FRP Rule)：這個規則使得工廠(儲存或所使用的油脂，若排放到航行水路可能引起對環境產生實質傷害者)應該擁有準備計劃以證明其準備工作可因應最壞情況的油脂排放個案。

油脂係被定義為任何種類或任何型態的油脂類，包括(但不限於)油脂、脂肪或動物脂與魚脂或水產哺乳動物脂，包括種籽、核果、水果或核仁由來的植物油，以及其他包括石油、燃料油、油渣、合成油、礦物油、垃圾油(Oil refuse)或撈泥腐敗物(Dredged spoil)以外的混合廢油等其他油脂及滑脂在內。植物油被定義為植物由來的非石油系油脂包括(但不限於)植物種籽、堅果、水果及核仁由來的油脂。

1995 年美國國會通過食用油脂規制改革法案(Edible Oil Regulatory Reform Act)。它指引聯邦代理機構有關議題或強制規定予以區別並設立個別種類部門，諸如動物脂、植物油及包括石油的其他油品，並且對各不同油脂類基於其不同物理化學、生理、其他特性以及對人類健康及環境的效應予以採用不同標準為要。

1997 年 EPA 予以否定從前由幾個貿易組織及農業團體提出要求 EPA 予以修訂其工廠因應計劃(Facility Response Plan)規則的請願，以創設對非石油無毒油脂及毒性非石油產品予以不同的規制計劃。EPA 認為雖然經由食用油脂規制改革法案(Edible Oil Regulatory Reform Act)(即有關物理化學、生理及其他性質與環境效應)予以評價判斷，但當將石油，植物油及動物脂排放到航行水或附近海岸時，均擁有共同的物理性質而會產生類似的環境效應。

EPA 提示如石油、植物油及動物脂等及其成份，均會引起下列效應；

- 1) 破壞性的物理效應，例如將動植物予以塗膜油脂，而經予涸竭氧氣予以窒息它們。
- 2) 有毒性並形成毒物產品。
- 3) 消滅未來及目前的食品供應、動物育種及其習性。
- 4) 產生酸敗臭味。
- 5) 污染海岸線，阻塞水處理工場，若有燃燒源則引起火災。
- 6) 造成苟延環境好多年的產品。

因此，為了規制預防油脂污染(即 SPCC 及

FRP 規制)，EPA 對於石油及植物油予以與一般相同的規制方法。在有些受限狀況，EPA 對於植物油採用不同處理方法。在 FRP 規制下，EPA 予以包括更為特定的方法以供對於動物脂與植物油排放最壞場合予以計算其處理容量。

2. 提報要求—油脂洩漏與災害物質釋放(Reporting requirements—Oil spill & hazardous substance releases):

聯邦規制要求提報有關油脂洩漏與災害物質釋放而訂有個別不同的要求。

a) 油脂洩漏通報(Oil Spill Notification): 工廠被要求立即提報給國家因應中心(National Response Center)有關釋放油脂類到航行水路的有害物資數量。有害物質數量係經定義為水域上引起產生薄膜(Film)或發光(Sheen)物質的任何數量，引起在水域或附近海岸產生污泥或堆積物的任何數量或違背水質標準的任何數量。

b) 災害物質釋放通報(Hazardous Substance Release Notification):

對於災害物質，聯邦政府要求，當經列表管制物質在相當於或超過可提報數量(Reportable Quantity, RQ)釋放到環境時，應予通報。約有 800 種物質，係屬於 RQ 者。

釋放(Release)的意義係被定義為任何洩漏(Spilling)，濾出(Leaching)，泵出(discharging)、射出(injecting)、逸出(escaping)、漏泄(leaking)、傾倒(dumping)或堆

積(disposing)到環境，均屬之。由於石油及植物油均未被列為災害物質，然而石油的成份物質(例如，苯(Benzene)，甲苯(Toluene)，二甲苯(Xylene)等)，係被列為災害物質，但其他使用在石油或植物油基質配製產品的添加劑成份物質則均被列管在內。

大多各州亦擁有其自己的提報要求，它包括油脂類及災害物質洩漏與釋放到水路及陸地。至少油脂類洩漏到水路的要求與聯邦的洩漏要求一樣嚴重予以規制而災害物質的釋放陸地或水路，亦至少與災害物質釋放通報一樣予以嚴重規制。有許多州卻擁有更為嚴格的低釋放量洩漏提報要求。總之，各州的洩漏提報規則不會將石油與植物油予以區別。

因此，為了洩漏與釋放提報，予以規定如下:

- 1) 聯邦油脂類洩漏提報要求(包括水路或附近海岸線)不會將石油與植物油予以區別處理。
- 2) 聯邦災害物質釋放提報(陸地或水路)，係基於包涵在洩漏/釋放產品中列管化學物質的數量。其程度在植物油基質潤滑油未含有列管災害物質或含有比石油基質產品的災害物質更低者，則其洩漏釋放可能不須要依據聯邦災害物質釋放通報規定予以提報。
- 3) 許多州，對於災害物質釋放/或油脂洩漏擁有更嚴格提報數量，因此，較少量的洩漏/釋放均可能須向各州政府提報其石油，石油基質產品以及植物油與其基質產品有關事宜。

3. 洩漏/釋放，清理要求(Spill/Release Cleanup Requirements):

聯邦政府對於油脂洩漏及災害物質釋放的清理要求，包涵在聯邦國家偶發事件計劃(Federal National Contingency Plan, NCP)，其規定如下:

- 1) 關於油脂洩漏，NCP 指引有辨識的協調者(On-scene coordinator, OSC)予以決定其釋放是否會引起實質的威脅到公共健康或美國福祉，它係基於幾個因素，包括排放的大小數量及其性質，對人類人口影響以及環境敏感性。在這種場合，OSC 被授權予以指引所有聯邦、州、或私人機構有關因應與復元行動(Response & Recovery Actions)。OSC 可能徵募其他聯邦代理機構或特殊小組予以支援。
- 2) 關於災害物質釋放，NCP 提示“管制行動，將基於對人類或動物的威脅，飲用

水供應或敏感生態系統的污染，土壤中的高層次災害物質含量，會引起災害物質移動或釋放的氣候條件，威脅火災或爆炸，或其他重大因素影響健康福祉或大眾或環境等而予以決定”。

對於不包括在聯邦因應及提報要求(Federal response & reporting requirements)的洩漏，可採用州政府的清理作業標準。州政府標準，尤其與陸地釋放關連，通常係基於符合某些風險基準的清理層次而定(例如，經釋放後，在土壤中殘留災害物質的含量層次)。

總之：

- 1) 聯邦 NCP 並不提供單一因素以配合所有清理因應。蓋因係基於洩漏的大小數量程度與其性質所致。在許多場合(尤其在少量或中等量洩漏場合)，它係比照石油/石油基質潤滑油產品的生態毒性與生物可分解速率而隨植物油/植物油基質潤滑產品予以變動。
- 2) 州政府規制，大多似乎包括較少量釋放型態，尤其對陸地與使用潤滑油產品的關連。蓋因州政府標準，通常係基於風險，然而對於低毒性而更為生物可分解性的植物油基質產品洩漏，則較為不須要求重大的清理行動所致。例如，對於含有植物油基質油壓機液油洩漏，係由州政府規制因應的實際經驗予以支援這個結論。

4. 廢棄物管理(Waste Management):

聯邦政府層級的“經使用油(Used oil)”，係經由一套標準(40 CFR 279)予以管理，它係由 EPA 依據資源保守與復元法案(Resource Conservation & Recovery Act (RCRA)予以設置。“經使用油”經 EPA 予以定義為“從礦物原油(Crude oil)予以精煉的任何油脂類或任何合成油類而它係經使用而遭受物理與化學夾雜物的污染者”。動物脂或植物油(包括供用為潤滑油者)，則不包括在 EPA 定義的“Used oil”內。

經由“原油”精煉的油脂類或任何合成油類，業經被採用為潤滑油、油壓機液油、熱媒液油、漂浮用油(Buoyants)，或其他類似用途(例如，引擎油、傳動系統油、金屬加工油、電氣絕緣油以及工業加工油)以及依照 EPA “Used oil”規制的回收油，均未在聯邦災害廢棄物定義之內。“經使用油”未依照聯邦標準予以回收者，若它符合災害廢棄物(例如，會含有鉛(Lead)、鎘(Cadmium)或 EPA 管制金屬及化學品超過某些含量

者)，則予以災害廢棄物(Hazardous waste)管理。

EPA 的“經使用油”規則可准許的 4 種回收油型態如下：

- 1) 希望在現場調整處理以去除夾雜物者。
- 2) 採用回收油做為原料供為石油精煉者。
- 3) 經再煉製油供為新基質原料者。
- 4) 經處理油及燃燒油供為回收能源者。

製造廠、回收中心、運輸業者、移送機構、加工廠、煉製廠以及商人，均須依照“經使用油”管理標準(Used oil management standard)予以處理。在特殊場合，“經使用油”製造廠，經予運輸其油脂類供為回收者，須依照下列要求：

- 1) 符合所有洩漏預防，控制及對策計劃要求。
- 2) 儲存“經使用油”在油槽、容器或 RCRA 規制單位(例如，小池(lagoons)，坑(pits)，圍住水域(Surface impoundments))。
- 3) 在容器及油槽上標示“經使用油”標籤。
- 4) 保持容器及油槽在良好條件以免漏泄。
- 5) 因應抑制與清理有關釋放。
- 6) 擁有由規制的運輸機運送“經使用油”或符合自行運輸者。

在目前的聯邦規制下，植物油基質潤滑油產品的廢棄物管理要求必須謹慎予以縱覽。若配製產品不含石油或合成基質油，則不須導照“經使用油”管理標準。然而植物基質產品經予使用後，尚須經予評價它是否含有任何歸類於災害廢棄物。若產品不含有這些污染物，則可當做固體廢棄物(Solid waste)予以管理，但必須提供廢棄物管理更廣泛的選擇配套以處理“經予使用產品”(例如，做為小型廢棄物加熱設備的燃燒材料)。

若配製產品含有植物油基質原料及石油或合成基質原料，則在聯邦規制下，其經使用配製產品的廢棄物管理，可依照“經使用油”的管理標準辦理。在聯邦管理標準下，回收“經使用油”可免除製造廠將其當做災害廢棄物予以管理，因此，提供低成本方法做為廢棄油的管理。相對地，對於由 100%植物油基質原料來製造的產品，若混合

產品經予使用後不含任何被列管為災害廢棄物，則它可當做固體廢棄物予以管理。

除了聯邦標準以外，某些州，另採用“經使用油”管理標準，它係比聯邦標準更為嚴格。同時，在州政府計劃下的植物油規制狀態，可隨聯邦規制而變，因此，須予分開個別評價。

5. 經使用黃豆基質潤滑油的环境命運(Environmental Fate of Used Soybean Oil Lubricants):

由黃豆油基質原料製造的“經使用潤滑油”(Used lubricating oil)的環境命運，有些與100%礦油基質產品並列相似。經使用的石油產品，通常經予收集而再煉製混合供為工業火爐(Industrial furnace)的補助熱能原料，經予噴霧在煤炭上以抑制粉塵(Dust control)或供為防[←]或降低摩擦的塗膜之用。影響環境命運選擇的因素如下:

- 1) 供為再煉製“經使用油”設備的可用性。
- 2) 運送到再煉製設備工廠的距離長短。
- 3) 擁有適宜空氣污染控制設備的工業火爐可用性。
- 4) “經使用油”的內需用途。
- 5) 有關油脂的生產、使用、及再使用等，生活週期經濟效益(Economics for the life cycle phases)。

環境命運選擇(Environmental Fate Choices):

1) 再煉製(Re-refining):

經使用油及潤滑油，若經濟可用則予以收集並運送到石油再煉製工廠。在那裡沒有可供為再煉製生質基質潤滑油的設備，係由於其數量太少所致。除非指定有相當數量，大部份的收集作業均無法供為分離生質基準油與石油潤滑油。通常“經使用油”含有乳化物或油/水混合物時，才會予以進行分離作業。如此，經使用的黃豆油基質潤滑油，在運送到再煉製工廠以前，事先在顧客工廠或收集站予以與石油基質潤滑油混合供用。

目前，經使用石油系潤滑油的再煉製工廠未裝設將黃豆油成份從混合油予以分離與回收的設備。石油再煉製工廠不希望接受其進貨含有 2%以上生質潤滑油的混合油，由於顧慮其會導致降低其產品的氧化穩定性所致。然而並沒有數據可供為證明這種主張。

若黃豆油基質潤滑油存在於所供處理的混合油，則黃豆油成份可將其與石油予以區分，蓋因黃豆油的較高沸點差異所致。這個較高沸點部份含有較高沸點的石油成份而可供為工業燃料油原料。

2) 工業火爐應用(Industrial Furnace Application):

若再煉製工廠距離太遠以供經濟地予以運送供為煉製，則通常將此“經使用油”供為工業火爐的低成本燃料油原料，諸如，柏油工場的綜合乾燥機，水泥窟(Cement Kilns)，以及鼓風爐(Blast furnaces)。這些型式的火爐裝有適合的空氣污染控制設備以限制微粒子排放(Particulate emission)。它可供調節高含量黃豆油基質潤滑油，做為燃油原料。

3) 其他用途(Other uses):

經使用的黃豆油基質潤滑油可供為各種應用，諸如，做為鐵道車與柴堆(Rail cars & storage piles)的煤炭粉塵控制，以及當做烤爐軸承與鏈條的潤滑油。

4) 結論(Summary):

基於經濟效益與容易處理，大部份“經使用黃豆油基質潤滑油產品”的終結選擇用途(命運)，係將其利用做為補助燃料來源以供工業火爐之用。這個選擇提供廣泛的裨益可用性而擁有與“經使用石油基質潤滑油”的環境終結選擇用途予以競爭。