

出國報告(出國類別:開會)

參加「SAE 未來高效發動機清潔燃料 技術研討會」大陸出國報告書

服務機關:台灣中油公司煉製研究所

姓名職稱: 陳中邦 研究員兼組長

派赴國家: 中國大陸

出國期間: 106 年 10 月 17 日至 106 年 10 月 21 日

報告日期: 106 年 11 月 3 日

目 錄

目錄	-----	2
摘要	-----	3
一、前言	-----	4
二、參加研討會及參訪內容	-----	5
2.1 未來的高效率發動機清潔燃油研討會(論壇)		
2.1.1 論壇與談人發言記要		
2.1.2 未來的高效率發動機及清潔燃油		
2.1.3 輕型車輛未來的技術關鍵		
2.1.4 未來重型動力總成趨勢		
2.2 實驗室參訪與討論		
2.2.1 SKL 汽車安全與節能國家重點實驗室		
2.2.2 BASF 汽油清淨添加劑討論		
2.3 中國車輛六期排放法規		
2.3.1 中國車輛六期排放法規及油品規範		
2.3.2 中國車輛六期排放法規與各國之比較		
三、心得與建議	-----	18
四、附錄	-----	20

摘 要

由美國自動車協會(SAE) 舉辦之國際燃料和潤滑油會議，每年就燃料和潤滑油的最新進展和新興技術進行論文發表及研討；本年度並新增以清潔燃料為主題的演講及技術論壇，廣泛探討未來高效發動機清潔燃料趨勢與相關技術。受限於公司原編定預算，本次出國僅參加在2017國際燃料和潤滑油會議之後，同場舉辦的「未來的高效率發動機清潔燃油論壇」。本次論壇安排演講者包括：沙特阿美石油集團(Saudi Aramco)、英國 Ricardo、日本Mazda汽車、Afton添加劑、Shell石油以及美國國家實驗室學者專家等。

排放法規的收緊以及多國禁售燃油車的聲音使得傳統內燃機尤其是柴油機的處境日漸艱難。「未來的高效率發動機清潔燃油論壇」專家學者普遍認為：在交通運輸領域，高效率和低碳能源是未來的發展趨勢。儘管全球車輛排放法規逐步加嚴，滿足真實道路排放法規仍具挑戰（導使各國陸續導入PEMS相關法規）。就短期間來看，柴油發動機仍將繼續使用柴油，主要是原始設備製造商對現有的柴油技術投入太多，利益相關者不會輕易改為投注GCI技術或其他替代能源車輛之生產（現有柴油技術及相關投入較為薄弱地區，如中國大陸，未來或許更容易跨入此一市場）。

而為因應未來內燃機之在減排和提升能效方面之進一步優化，燃料規格和發動機要求之間的不匹配將需要被重新檢討改善。例如需要修改汽油抗爆震規格，提高汽油的抗爆震值（高RON，低MON）會使得發動機效率更高；而通過預混壓縮點火(PCI)運行，可以更容易地解決柴油發動機的NO_x /碳煙問題；而汽油壓縮點火(GCI)或 Octane on demand（OOD）引擎提供了這樣的前景。

動力總成先進的內燃機和電動汽車是輕型車輛未來的關鍵；而低碳高密度燃料和廢熱回收是未來重型動力總成的關鍵要素(增加低碳燃料的重要性)。

考量各國致力推動車輛發動機全面電機化現況，儘管內燃機面臨監管、燃效限值等多方面的挑戰，而電動汽車也在續駛里程、成本、耐用性方面有待改進，應平衡兩者，目前針對內燃機的政策環境並不太友好，但它是有必要存在的。

一、 前 言

由美國自動車協會(SAE) 舉辦之國際燃料和潤滑油會議，每年就燃料和潤滑油的最新進展和新興技術進行論文發表及研討；本年度並新增以清潔燃料為主題的演講及技術論壇，廣泛探討未來高效發動機清潔燃料趨勢與相關技術。受限於公司原編定預算，本次出國僅參加在 2017 國際燃料和潤滑油會議之後，同場舉辦的「未來的高效率發動機清潔燃油論壇」。本次論壇安排演講者包括：沙特阿美石油集團(Saudi Aramco)、英國 Ricardo、日本 Mazda 汽車、Afton 添加劑、Shell 石油以及美國國家實驗室學者專家等。本次論壇詳細目錄及主題如附錄一所示，涵蓋議題包括：全球運輸燃料供應概況、未來汽車發動機技術趨勢、車輛政策推動與消費者期望、未來運輸燃料趨勢、潤滑油和燃料添加劑的開發、以及車輛發動機工業之前瞻願景，包括未來發動機和技術、燃燒發動機效率的潛力、汽車動力總成技術方向、實現可持續移動解決方案等。

排放法規的收緊以及多國禁售燃油車的聲音使得傳統內燃機尤其是柴油機的處境日漸艱難。在效率提升和減排方面，內燃機究竟還有多大空間？電動汽車的發展能否滿足市場需求？電氣化是交通領域解決方案的一部分，與內燃機並不對立，甚至可以說，電氣化促進了內燃機效率的提升，應結合兩者的長處和優勢，這樣才能生產出最高效的車輛。誠如大會網頁資料所言：以中國為例，要想實現 2020 年 5L/100km 的目標，僅依靠內燃機是不可能的，必須發展新能源汽車，尤其是純電動汽車，應採用多種技術組合。

此外，中國在 2016 年 12 月 23 日正式發布輕型車國六標準。新增加實際道路行駛排放：第一次將排放測試從實驗室轉移到了實際道路，要求汽車既要在試驗室測試達標，還要在市區、郊區和高速公路上，在正常行駛狀態下利用攜帶型排放測試設備進行尾氣測試，能夠有效避免排放作弊行為。而因應新法規的實施在車用汽、柴油品質要求上亦將愈趨嚴格。

二、 參加研討會及參訪內容

2.1 未來的高效率發動機清潔燃油研討會(論壇)

未來的高效率發動機清潔燃油研討會(論壇)，主要由沙美石油集團(Saudi Aramco)及美國自動車協會(SAE)共同合辦。沙特阿美是世界上最大的石油公司，同時也是第六大煉油公司。 沙特阿美的目標是在全世界範圍內實現每天**800-1000**萬桶的原油煉製能力。超過一半的沙特阿美全球研究中心在從事與交通相關的研究。

本次論壇內容如下:

主題演講

1. 全球運輸燃料供應概況 (Saudi Aramco)
2. 未來汽車發動機技術趨勢 (Ricardo)

政策推動與消費者期望

3. 中國汽車工業發展展望 (CATARC)
4. 中國汽車工業 CAFC，NEV 和二氧化碳排放戰略 (Tsinghua Univ.)
5. 高效車輛市場滲透研究 (Oak Ridge National Lab. USA)
6. 燃料車輛需求的驅動力：消費者行為分析的結果 (KAPSARC)

未來燃油趨勢

7. 中國汽車燃油清潔現狀及未來發展 (Sinopec)
8. 未來發動機的燃油要求 (Saudi Aramco)
9. 潤滑油和燃料添加劑的開發 (Afton)
10. 運輸燃料趨勢 (Shell)

前瞻性前景

- 未來發動機和技術 (Mazda)
- 燃燒發動機效率的潛力 (King Abdallah Univ.)
- 汽車動力總成技術方向 (Geely Group.)
- 重型車輛發動機技術路線圖 (Weichai Power)
- 實現可持續移動解決方案 (Saudi Aramco)

2.1 未來的高效率發動機清潔燃油研討會(論壇)

2.1.1 論壇與談人發言記要

排放法規的加嚴以及多國禁售燃油車的聲音使得傳統內燃機尤其是柴油機的處境日漸艱難。在效率提升和減排方面，內燃機究竟還有多大空間？電動汽車的發展能否滿足市場需求？來自清華大學、中國汽車技術研究中心（CATARC）、美國橡樹嶺國家實驗室、沙特阿美石油公司、馬自達、吉利、濰柴等機構和企業的代表發表看法如下：

2040 年內燃機將仍占 85%以上

主營石油業務的沙特阿美公司首席技術官（CTO）阿罕麥德·霍懷特表示，2040 年左右，節能及新能源汽車技術的普及率會達到一個較高的水平，但從中期來看，隨著清潔能源車保有量的不斷增多，電網的負荷會越來越重，從全生命周期來看，碳排放是處於增加的趨勢，在這種情況下，使用高效發動機有助於控制碳排放。霍懷特認為，內燃機的優化還有很大潛力，而這種潛力目前沒有得到足夠重視，「雖然有人說內燃機在減排和效率提升方面已經達到極致，但事實不是這樣的，還有很長一段路要走，內燃機可以得到進一步優化。」

霍懷德在隨後接受《中國汽車報》記者採訪時表示：「從我們所做實驗的結果看，內燃機在減排和提升能效方面還有很大潛力。我們預計到 2040 年，內燃機依然將是交通運輸行業的主要驅動力，大概要占 85% 以上。」

2025 年沒有贏家

從中短期來看，2025 年是內燃機的天下了？還是由電動汽車坐莊？來自 Ricardo 諮詢公司的 Neville Jackson 認為：「都不是，或許未來 50 年、60 年、70 年後可以決出勝者，但 2025 年沒有贏家，技術不到位。」

目前，歐盟、美國、中國等國家和地區對於溫室氣體減排提出了各自的目標。例如，歐盟要求各成員國到 2030 年，將溫室氣體排放量較 1990 年削減 40%；美國也提出到 2025 年將溫室氣體排放較 2005 年削減 26%~28%，2050 年削減 83%。當然，川普上台後，美國的減排大業還會不會繼續下去就不好說了。

出於對空氣品質的擔憂，各國提出了各自的應對措施，細節不同，但在逐步淘汰內燃機的方向上是一致的。例如歐盟正在考慮提議 2025 年~2040 年強制引入零排放車輛規定。

對此，Neville Jackson 表示，雖然電動汽車、氫燃料汽車看似清潔，但從全生命周期的碳足跡來看，其排放可能高於內燃機車，且後續電池的回收利用也是一大問題，這兩點並未引起政策足夠重視。

「2025 年~2027 年左右，電動汽車與內燃機汽車在成本方面會基本持平，關鍵在於基礎設施建設。」Neville Jackson 還指出，重型卡車要想以電力長距離行駛，「需要搭載 20~30 噸電池，有效載貨量則只有大約 12 噸」，並不合算。

來自美國橡樹嶺國家實驗室的高級研究員 Zhenhong Lin 則從消費者的角度分析了節能技術的推進問題。他指出，目前車輛燃油經濟性的提升主要是由政策推動的，但如果僅僅燃油經濟性提升，而其他不變，甚至車輛價格上升，那麼消費者不會買帳。他預測，未來 3 年石油價格依然會維持低位，那麼與燃油經濟性相比，消費者會更關注價格。

內燃機與電氣化對立？

清華大學汽車產業與技術戰略研究院院長趙福全表示，內燃機面臨監管、燃效限值等多方面的挑戰，而電動汽車也在續駛里程、成本、耐用性方面有待改進，應平衡兩者，目前針對內燃機的政策環境並不太友好，但它是有必要存在的。趙福全在會場大聲疾呼：「Don't give up ICE（不要放棄內燃機）」，應共同發展。

趙福全還指出，未來燃料電池車會大有可為，但現在還有很長一段路要走，預計到 2030 年，燃料電池乘用車可達到 10 萬輛，而燃料電池技術在商用車尤其是卡車領域的前景會比較好。純電動技術由於電池重、載貨少，在重型車領域並不太實用。

截至目前，英國、法國、印度、荷蘭等國提出了禁售燃油車，這也令汽車及相關行業相當緊張。不過，霍懷特認為大可不必，他說：「我們覺得政府不是放棄燃油車，而是替代，混合動力車上依然有內燃機。我們認為，完全應用由電力驅動的車輛是不可能的，無論是目前的續航能力還是基礎設施建設，都沒有辦法支持政府完成燃油車禁令。」霍懷特認為，電氣化是交通領域解決方案的一部分，與內燃機並不對立，甚至可以說，電氣化促進了內燃機效率的提升，應結合兩者的長處和優勢，這樣才能生產出最高效的車輛。

來自中國汽車技術研究中心的代表則指出，以中國為例，要想實現 2020 年 5L/100km 的目標，僅依靠內燃機是不可能的，必須發展新能源汽車，尤其是純電動汽車，應採用多種技術組合。

2.1.2 未來的高效率發動機及清潔燃油

未來汽油引擎及汽油品質的要求

根據Aramco公司及數位與會專家的看法大致整理如下：

- 需要更高的抗爆震質量（高RON /低MON），以避免爆震並減輕超級爆震以實現更高的效率。
- 在許多地區，燃油規格假設MON有助於燃油防爆質量，並迫使燃料更為石蠟化
- 這些燃料規格和發動機要求之間的不匹配將需要被重新檢討改善。
 - ✓ 不要將MON規格引入不需要存在的地方
 - ✓ 單獨指定RON
 - ✓ 在ASTM 2699測試中使用甲苯數(TN)，甲苯中甲苯的體積百分比，與汽油匹配的正庚烷混合物(TRF)，而不是RON(SAE 2014-01-2609)
- 具有高抗爆質量的組分將變得越來越重要，例如乙醇，MTBE，二異丁烯，甲醇，丁醇等。
- 其他注意事項：例如積污控制將繼續是重要的。提高汽油pool的抗爆震質量，將是具有挑戰性的；將進一步增加低辛烷值成分（如石腦油）的可用性

充分利用油池可用的抗爆震成分-需求辛烷值（Octane on Demand, ODD）

- 僅在有限的工作範圍內才需要高的燃油質量。
- 發展具有雙燃料系統可以提供需求辛烷值的發動機。
- 市場燃料可以分離成更高和更低的辛烷值產品，重新設計發動機(例如更高的壓縮比)以提高整體效率(可參考本田汽車在 SAE 2014-01-2614，豐田/埃克森美孚在 SAE 2014-01-1200 所發表之論文。
- 低辛烷值燃料（石腦油）和高辛烷值燃料（如甲醇，MTBE）可以單獨來源，發動機可以以 OOD 模式運行，以提高效率。

未來柴油引擎及柴油品質的要求

低 NO_x，低煙灰預混壓縮點火(Premixed Compression Ignition, PCI)

- 煙灰(soot)和 NO_x 排放標準越來越嚴格；NO_x 可以經由 EGR 控制，降低燃燒

溫度

- 增加 EGR 會減少碳煙氧化，並增加發動機排放碳煙。
- 最終燃料噴射必須在燃燒開始之前充分完成，以避免碳煙形成(當量比 $\Phi < 2$)亦即預混壓縮點火(PCI)
- 先進的柴油發動機昂貴而複雜，因為他們試圖在使用常規柴油 (DCN > 40) 時實現 PCI
- 高點火延遲的燃料(如汽油般的材料)會使得 PCI 更容易。
- 汽油壓縮點火(GCI): 在柴油引擎中注入低辛烷值汽油，使得發動機產生比柴油燃料更多的供油時間提前(BTDC)；較高的點火延遲使得燃料在燃燒前有更多的混合時間，通過噴射定時進行燃燒定相的周期控制，進行預混式的壓縮點火。

GCI - 使用較少加工燃料的高效率，低成本清潔發動機

- 重型(大型)發動機試驗效率可達 56%左右，發動機輕型化可以提高效率
- 在低負載下避免先導注射，降低尺寸/降低速度以減少傳輸損耗，避免或最小化（如果使用的話）DPF 再生，由於注射壓力低而降低了寄生損耗。
- 發展挑戰: (1)冷啟動和惰轉、(2)低負載時的穩定性、(3)中、高負荷下的噪音/壓力上升率、(4)污染排放(特別是 CO 和 HC)、(5)低溫氧化和 DPF；(6)噴射供油系統、供油策略，EGR 等硬體的對應等。
- 就短期間來看，柴油發動機仍將繼續使用柴油，主要是原始設備製造商對現有的柴油技術投入太多，利益相關者不會輕易改為投注 GCI 技術之生產 (現有柴油技術及相關投入較為薄弱地區，如中國大陸，未來或需更容易跨入此一市場。

2.1.3 輕型車輛未來的技術關鍵

Ricardo 認為動力總成**先進的內燃機和電動汽車**是輕型車輛未來的關鍵，而在短中長期，輕型車輛可能著力的方向大致如下：

短期：~2017 +

- 引擎馬力提升(Boosting)和小型化(Downsizing): 渦輪增壓
- 增強低速扭矩

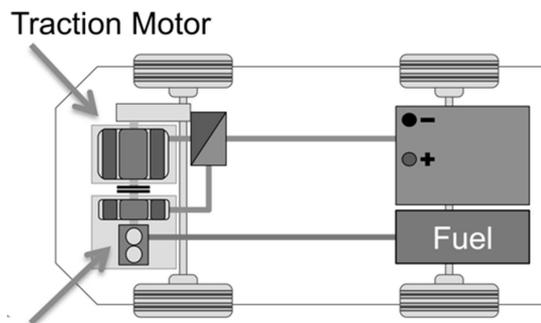
- 減少摩擦
- 先進的熱力系統
- Start/Stop 系統和低成本油電混合技術
- 油電混合動力車，PHEV 及電動車輛
- 經濟有效的車體減重 5-10%

中期：～2025

- 縮小發動機排氣量及汽(為 2 缸和 3 缸發動機)
- 組合式渦輪增壓系統(supercharging)
- 先進的 48 伏微混合動力系統占主導地位
- PHEV 用於更高負荷及更高性能的车辆
- 電動汽車為城市車輛
- 顯著重量減輕
- 汽油引擎高效率貧油分層燃燒
- 先進的低碳燃料配方

長期：～2050

- EV & Plug-in 混合電力系統占主導地位
(非常高比功率的 ICE /燃料電池)
- 減重 50%
- 有限定適用範圍的低碳燃料
- 排氣及冷卻系統能量回收
- 先進的熱推進系統(拆分式工作循環、熱泵等)



由短中長期發展進程，逐漸增加電氣化(電動化)的重要性

2.1.4 未來重型動力總成趨勢

低碳高密度燃料和廢熱回收是未來重型動力總成的關鍵要素

未來重型動力總成將以增加低碳燃料的重要性，技術趨勢主要包括：

- 縮小和降低速度
- 比功率輸出 > 32kW /升
- 氣缸壓力較高 - 270 bar
- 綜合後處理系統
- 超低 NO_x 和實際行使排放
- 低 NO_x/高效率燃燒
- 電氣化

SHORT TERM: ~2017+

- 優化ICE性能來改善空氣質量
- SCR / EGR / DPF 綜合處理
- 輔助系統控制/電氣化
- 摩擦減少
- 廢熱回收（如機電渦輪增壓複合）
- 替代燃料燃燒技術（NG，LNG）

MEDIUM TERM: ~2025

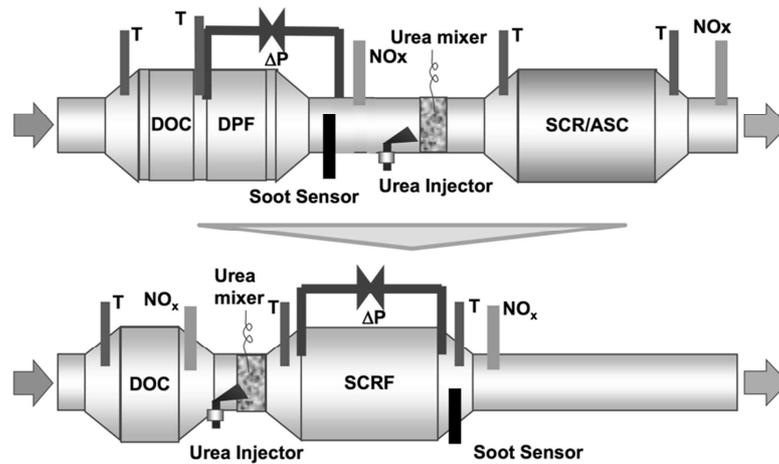
- ICE 優化以降低 CO₂

高效先進燃油噴射及燃燒：低溫低NO_x燃燒

- 低碳燃料和專用 CNG / LNG 和生物甲烷發動機式
- 微型化排氣後處理裝置
- 先進廢熱回收裝置
- 電子輔助設備

LONG TERM: ~2050

- 專用式低碳液體燃料(供長途運輸)
- 先進的熱推進系統(拆分式工作循環、熱泵等)
- 排氣及冷卻系統能源回收
- 嵌入式熱電材料



先進重型車輛 NO_x 抑制設備

2.2 實驗室參訪與討論

2.2.1 SKL 汽車安全與節能國家重點實驗室

本次趁參加 SAE 論壇之便，同時經由 Horiba-Mira 公司之安排，也參訪了設於北京清華大學汽車工程研究所內的汽車安全與節能國家重點實驗室。

Horiba-Mira 接待人員為汽車測試系統事業部銷售經理 Lei Zhang 先生，清華大學汽車工程研究所主要由該所高工級教授黃海燕負責接待。

HORIBA MIRA 簡介

HORIBA MIRA Ltd. 是高級工程、研究與產品測試方面的全球領導者。在 70 多年中，它發展成為了一家名副其實的跨國性公司，其工廠遍及全球。MIRA 的業務涉及汽車、航空航天、鐵路和國防行業，並且涵蓋開發開創性的低碳與無人駕駛汽車技術。MIRA 中國快速發展的工程團隊-其中包括來自 Nuneaton 的 HORIBA MIRA 的一些英國專家，他們已經遷往中國，這增強了業務在 Ride and Handling，Noise，Vibration and Harshness，耐用性和 RLD (Road) 方面的強大能力負載數據，安全開發，熱管理和控制/xEV 技能，以及引入新的連接和自動車輛 (CAV) 功能。隨著對 CAV 技術和技能的需求的增加，MIRA 中國計劃在未來幾年進一步發展，以支持其 CAV 和車輛彈性能力的增長，並引入額外的工程師。該業務還計劃擴大團隊與當地的實際駕駛排放，功能安全和電磁兼容性專家。這些專長越來越重要，因為車輛系統的複雜性不斷增加，而排放法規的變化依然存在。

汽車安全與節能國家重點實驗室

清華大學安全與節能國家重點實驗室近期研發重點之一為動力電池熱失控與熱擴散機理研究與關鍵技術開發；探討影響電池安全性的各種因素，以及如何進一步提升鋰離子電池安全性的技術手段與技術措施。

動力電池熱失控的誘因

(1)熱誘因

通俗來講，所謂的熱誘因就是外部高溫環境，包括外部起火、電池散熱不良等。在外部高溫下，由於鋰離子電池結構的特性，SEI膜、電解液等會發生分解反應，電解液的分解物還會與正極、負極發生反應，電芯隔膜將融化分解，多種反應導致大量熱量的產生。隔膜融化導致內部短路，電能量的釋放又增大了熱量的生產。這種累積的互相增強的破壞作用，其後果是導致電芯防爆膜破裂，電解液噴出，發生燃燒起火。試驗數據顯示，當電池單體溫度達到 135°C 時，隔膜開始融化，電壓下降；150°C 電池電壓快速下降；等溫度高達 245°C 時，隔膜完全崩潰，電池就會出現起火爆炸的現象。

對此，廠商可以從電池設計和 BMS 電池管理系統兩個方面來解決。從電池設計角度，可以開發來防止熱失控的材料，阻斷熱失控的反應；從電池管理角度，可以預測不同的溫度範圍，來定義不同的安全等級，從而進行分級報警。

(2)電化學誘因

電池製造雜質、金屬顆粒、充放電膨脹的收縮、析鋰等都有可能造成內短路。這種內短路是緩慢發生的，時間非常長，而且不知道它什麼時候會出現熱失控。若進行試驗，無法重複驗證。目前全世界專家還沒有找到能夠重複由雜質引起的內短路的過程，都在研究當中。

要解決這個問題，首先提高製造工藝減少電池製造中的雜質。這就要選擇產品品質好的電池廠商，其次對內短路進行安全預測，在沒有發生熱失控之前，要找到有內短路的單體。這意味著必須要找到單體的特徵參數，可以先從一致性著手。電池是不一致的，內阻也是不一致的，只要找到中間有變異的單體，就可以將其辨別出來。具體而言，正常的一個電池的等效電路和發生了微短路的等效電路，方程的形式實際上是一樣的，只不過正常單體、微短路的單體的參數發生了變化。可以針對這些參數來進行研究，看其在內短路變化中的一些特徵。

滿電狀態的電池負極上嵌入大量鋰離子，過充後，負極片上產生析鋰現象，出現針狀的鋰金屬結晶，刺穿隔膜發生短路。在 BMS 電池管理系統中，都會有過

充保護策略，當系統檢測到電池電壓達到閾值時，就會關斷充電迴路，對電池進行保護。雖然在出廠前，廠家針對 BMS 都會進行一些列電性能測試，但是為了預防萬一，還是不建議廣大用戶長時間給電動汽車充電，並且選擇正規的充電設備，消除過充隱患。

(3)機械電氣誘因

碰撞是典型的機械觸發熱失控的一種方式，也就是汽車碰撞事故而引發電池受損。電池受損時也會產生內短路而引發熱失控，但是這種短路與電化學誘因引發的短路不同，機械受損一般是瞬間發生的，對應實際生活中的突發事故，強烈的撞擊、翻車、擠壓都可以導致電池在很短的時間內發生機械損壞。

解決碰撞(機械)觸發熱失控的辦法就是做好電池的結構安全性保護設計。為此，汽車安全與節能國家重點實驗室設計了四種設計路線：

1. 組裝結構設計：塑料框架支撐+鋼帶預緊的組裝結構以及高強度骨架
2. 可靠性設計：利用電池包隔振連接器減少震動磨損；彈性浮動板保證連接可靠性；IP67 方式防塵設計；
3. 防碰撞輕量化設計：防碰撞 CAE 結構優化；滿足強度要求的電池模組輕量化，方殼系統質量成組效率>90%；
4. 電池包定位鎖緊技術：利用限位自鎖及單項鎖緊機構對電池包進行精確定位、鎖緊。

電動汽車電池應符合性能與安全相關要求，安全性測試驗證要滿足熱測試(高溫危險、熱穩定、無熱管理循環、熱衝擊循環、被動傳播電阻)，電性測試(短路、過充電和過放電)和機械性測試(衝擊、掉落、穿刺、翻滾、浸入、壓碎)的安全要求。

在燃油汽車發展的一百多年歷史中，也曾不斷出現事故，遇到挫折是任何事情發展的規律。因此，對於各類事故，電動汽車各產業鏈不應止步不前，而應審視並完善自身存在的各種問題與不足。同時也應意識到消費者對安全的要求是無止境的，要讓安全成為滿足一切功能的首要條件。

2.2.2 BASF 汽油清淨添加劑討論

本次趁參加會議之便拜訪德國巴斯夫公司 Fuel and Lubricant Solutions 部門北京辦公室，由燃油與潤滑油解決方案大中華區總監 Anthony Yang 負責接待。

巴斯夫公司 **Fuel and Lubricant Solutions** 部門是全球運輸和礦物油行業的領先供應商，也是巴斯夫性能化學品部門的一部分。產品涵蓋燃料性能包裝，煉油添加劑，聚異丁烯，發動機冷卻劑和製動液，以及潤滑劑添加劑，複合潤滑劑，合成基礎油料和金屬加工液的組分。業務部門在德國的路德維希港，美國的辛辛那提，佛羅倫薩公園，中國的南京和上海以及巴西的聖保羅都有其主要設施。研發主要來自德國路德維希港，美國塔里敦，中國上海。

巴斯夫在最近推出的 TOP TIER™柴油標準中獲得了 Keropur®DP 洗滌劑技術的認可。Keropur DP 是一種高效的燃料添加劑化學，可在現代高壓共軌直噴發動機中實現最佳性能。Keropur DP 有助於減少排放，並通過發動機清潔度最大限度地提高動力和燃油經濟性。TOP TIER 柴油標準是由柴油發動機製造商創建的。它提供更清潔和更高的燃油質量，以幫助現代柴油發動機高效運行並保持運行在其設計的性能水平。

本次拜訪並就近期本所協助油品行銷事業部進行之大宗汽油清淨添加劑招標案以及歷來進行技術驗收所遭遇問題，與巴斯夫公司業務及技術人員進行討論與意見交流。

2.3 中國車輛六期排放法規

2.3.1 中國車輛六期排放法規及油品規範

中國在 2016 年 12 月 23 日正式發布輕型車國六標準。和現行標準相比，新標準主要有以下八點不同：

一、是測試循環不同：對車輛的冷啟動、加減速以及高速大負荷狀態下的排放進行全面考核，覆蓋了更大的發動機工作範圍，對車輛的排放控制性能提出了更高的要求。

二、是測試程序要求不同：用更加嚴格的測試要求，有效避免汽車企業利用標準漏洞在實驗室測試中得到一個漂亮的數據，但是在實際使用中卻不盡如人意的行為。

三、是限值要求加嚴：相比“國五”加嚴了 40%至 50%左右，另外，與國五階段汽柴油車採用不同的限值相比，“國六”標準根據燃料中立原則，對汽柴油車採用相同的限值要求。

四、是新增加實際道路行駛排放：第一次將排放測試從實驗室轉移到了實際道路，要求汽車既要在試驗室測試達標，還要在市區、郊區和高速公路上，在正

常行駛狀態下利用攜帶型排放測試設備進行尾氣測試，能夠有效避免排放作弊行為。

五、是加嚴蒸發排放控制要求：“國五”標準下，估測汽油車單車年均油氣揮發 8.8kg 左右。“國六”標準對汽油蒸發排放控制提出了嚴格要求，同時還要求車輛安裝 ORVR 油氣在綫回收裝置，增加對加油過程的油氣控制。

六、是增加排放質保期的要求：要求在 3 年或 6 萬公里內，如果車輛的排放相關出現故障和損壞，導致排放超標，由汽車生產企業承擔相應的維修和更換零部件的所有費用，保障車主權益。

七、是提高了低溫試驗要求：相比“國五”的一氧化碳和碳氫化合物限值加嚴 1/3，同時還增加了對氮氧化物的控制要求，有效控制冬天車輛冷啟動時的排放。

八、是引入了嚴格的美國車載診斷系統（OBD）控制要求：全面提升對車輛排放狀態的實時監控能力，能夠及時發現車輛排放故障。

車輛六期排放法規油品規範

和現行標準相比，因應車輛新排放標準，在油品品質要求上也有所提升。主要包括降低汽油烯烴由 24%降至 18/15%；芳香烴由 40%降至 35%；苯含量降至 0.8%；多環芳香烴含量由 11%降低至 7%等。

Stage		National V	National VI	
			A	B
Vehicle Gasoline	Olefin ($\leq V\%$)	24	18	15
	Aromatics ($\leq V\%$)	40	35	35
	Benzene ($\leq V\%$)	1	0.8	0.8
	T50($\leq ^\circ\text{C}$)	120	110	110
Vehicle Diesel	Poly Aromatics	11	7	
	Density (kg/m ³)	810-850	810-845	
	Pollutants	No Limit	24	

中國六期標準對油品需求之改變

2.3.2 中國車輛六期排放法規與各國之比較

中國車輛六期排放法規規定：自 2020 年 7 月 1 日起，所有銷售和注冊登記的輕型汽車應符合該標準 6a 限值要求。自 2023 年 7 月 1 日起，所有銷售和注冊登記的輕型汽車應符合本標準 6b 限值要求。與國際排放標準比較，中國六期排放標準的控制水準如僅從限值水準來看，國 6a 階段限值略嚴於歐洲第六階段排放標準限值水準，比美國 Tier3 排放標準限值要求寬鬆；國 6b 階段限值基本相當於美國 Tier3 排放標準中

規定的 2020 年車的平均限值。如果考慮到測試程式的不同等，可以說中國六期排放標準是目前世界上最嚴格的排放標準之一。

	EU	CN	US
Gaseous emissions	Tighter CO	Tighter CO and NOx	Tighter NOx
PM	4.5mg/km	3mg/km	1.86mg/km
PN	$6.0 \cdot 10^{11} \#/\text{km}$	$6.0 \cdot 10^{11} \#/\text{km}$	N/A
Driving Cycle	WLTC+RDE	WLTC+RDE	FTP/US06
Fuel sulfur	10ppm	10ppm	10ppm
Emission hardware technology	GPF in some models	GPF for both PFI and GDI in big cities	TBD
Durability	160,000km	200,000km	240,000km
Fuel severity	★	★★	★

中國六期排放標準與歐美法規比較

三、心得與建議

1. 各國排放法規越來越多地受到當地空氣品質影響，而不是溫室氣體排放（圍繞著符合法規之成本、全球承諾等方面的挑戰）。
2. 就短期間來看，柴油發動機仍將繼續使用柴油，主要是原始設備製造商對現有的柴油技術投入太多，利益相關者不會輕易改為投注 GCI 技術或其他替代能源車輛之生產（現有柴油技術及相關投入較為薄弱地區，如中國大陸，未來或許更容易跨入此一市場）。
3. 未來內燃機發展之挑戰包括：(1)冷啟動和惰轉、(2)低負載時的穩定性、(3)中、高負荷下的噪音/壓力上升率、(4)污染排放(特別是 CO 和 HC)、(5)低溫氧化和 DPF；(6)噴射供油系統、供油策略，EGR 等硬體的對應等，需要協同發展汽車、燃料、發動機技術。
4. 因應未來內燃機之在減排和提升能效方面之進一步優化，燃料規格和發動機要求之間的不匹配將需要被重新檢討改善。例如需要修改汽油抗爆震規格，提高汽油的抗爆震值（高RON，低MON）會使得發動機效率更高；而通過預混壓縮點火(PCI)運行，可以更容易地解決柴油發動機的NOx/碳煙問題；而汽油壓縮點火(GCI)或Octane on demand (OOD) 引擎提供了這樣的前景。
5. 就油品品質而言，有高抗爆質量的組分將變得越來越重要，例如乙醇，MTBE，二異丁烯，甲醇，丁醇等。提高汽油pool的抗爆震質量，將是具有挑戰性的；將進一步增加低辛烷值成分（如石腦油）的可用性。
6. 因為小型化引擎以及更高的壓力，所引起之低速早燃 (LSPI)問題，可藉由(1) 液滴控制 (2) 沉積物 CCD 控制 來控制。此外利用清淨添加劑來保持噴油嘴清潔也是有效的做法。另外，機油內添加 Li、Mg、Ca 等金屬亦可以避免早燃條件。
7. 馬自達創馳藍天技術之父人見光夫多次就 CO₂ 排放問題對電動汽車提出質疑。「如果按照現在的發電方式進行計算，（從 CO₂ 減排的角度）電動汽車幾乎沒有意義。在現有的發電方法不改變的前提下，將內燃機的實際油耗改善大約 25%，CO₂ 排放量就能達到與電動汽車相同水準。」他認為內燃機的實際油耗通過技術優化完全可以達到與電能消耗同一水平，如果全面推動電動汽車的普及就必須同時降低發電過程中的二氧化

碳排放量。

8. 電氣化是交通領域解決方案的一部分，與內燃機並不對立，甚至可以說，電氣化促進了內燃機效率的提升，應結合兩者的長處和優勢，這樣才能生產出最高效的車輛。
9. 內燃機面臨監管、燃效限值等多方面的挑戰，而電動汽車也在續駛里程、成本、耐用性方面有待改進，應平衡兩者，目前針對內燃機的政策環境並不太友好，但它是有必要存在的。
10. 內燃機在未來很長時間內仍將是主要的車用動力，必須持續推動其發展。車輛動力來源圍繞著替代能源(尤其是電力)的當前樂觀情況，可能會對ICE的技術開發產生不良的影響，甚至導致意想不到的後果。
11. 電動汽車電池應符合性能與安全相關要求，安全性測試驗證要滿足熱測試(高溫危險、熱穩定、無熱管理循環、熱衝擊循環、被動傳播電阻)，電性測試(短路、過充電和過放電)和機械性測試(衝擊、掉落、穿刺、翻滾、浸入、壓碎)的安全要求。
12. 中國六期排放標準是目前世界上最嚴格的排放標準之一。其特點是新增增加實際道路行駛排放: 第一次將排放測試從實驗室轉移到了實際道路, 要求汽車既要在試驗室測試達標, 還要在市區、郊區和高速公路上, 在正常行駛狀態下利用攜帶型排放測試設備進行尾氣測試, 能夠有效避免排放作弊行為; 並引入了嚴格的美國車載診斷系統(OBD)控制要求: 全面提升對車輛排放狀態的實時監控能力, 能夠及時發現車輛排放故障。
13. 未來中國對油品品質之管控將隨著車輛六期排放法規之實施愈趨嚴格, 管制內容將包含汽油的烯烴、芳香烴、苯含量; 以及柴油的密度、多環芳香烴等。我國環保署亦正規畫參酌歐美及鄰近國家訂定下一期車輛排放標準, 中國六期標準對油品品質之要求適將被列入參考, 相關品質規範趨勢值得公司參考並預為對應。

Clean Fuels for Future High Efficiency Engines Symposium

08:30 - 08:45 OPENING REMARKS

CHAIR: Prof. Shijin SHUAI State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University

CLEAN FUELS FOR FUTURE HIGH EFFICIENCY ENGINES SYMPOSIUM

08:45 - 09:15

Overview of Global Transportation Fuel Supply

Ahmad Al Khowaiter Chief Technology Officer, Saudi Aramco

09:15 - 09:45

Trend of Future Automotive Engine Technology

Neville Jackson Chief Technology & Innovation Officer, Ricardo

POLICY PUSH VS CONSUMER PULL

CHAIR: Thomas Wallner Manager, Fuels, Engine and Aftertreatment Research at Argonne National Laboratory

10:00 - 10:30

Outlook of Automotive Industry Development in China

Chunsheng Ma Deputy Director, Division of Automobile Industry, Ministry of Industry and Information Technology

10:30 - 11:00

Strategies to Address CAFV, NEV, and CO2 in China Auto Industry

Prof. Fuquan (Frank) Zhao Director of Tsinghua Automotive Strategy Research Institute, Tsinghua University

11:00 - 11:30

Market Penetration Study for High Efficient Vehicles

Zhenhong Lin Senior Researcher, Oak Ridge National Laboratory

11:30 - 12:00

Drivers of Demand for Fuel-Eff Vehicles: Findings from KAPSARC's Analysis of Consumer Behaviors

Rubal Dua Senior Research Associate, The King Abdullah Petroleum Studies and Research Center

FUTURE FUELS ENABLERS

CHAIR: Steve Przesmitzki Global Team Leader, Saudi Aramco R&DC Strategic Transport Analysis

13:30 - 14:00

Current Situation, Future Development of Automotive Fuel Cleaning in China

Xianghong CAO Academician, China Petroleum & Chemical Corporation (中石化)

14:00 - 14:30

Fuel Requirements of Future Engines

Gautam Kalghatgi Principal Professional, R&DC, Saudi Aramco

14:30 - 15:00

Development of Lubricant and Fuel Additives Joseph W. Roos, Afton Chemical Corporation (Afton)

15:00 - 15:30

Trends of Transport Fuels Roger Cracknell Shell Global Solutions (UK) (Shell)

PROSPECTS FOR ADVANCE ICES

CHAIR: Prof. Hongming XU Birmingham Univ.

15:45 - 16:15

Future Engine and Technologies

Toshihide Yamamoto General Research Manager, Mazda Motor Corp.

16:15 - 16:45

Potential of Combustion Engine Efficiency

Prof. Bengt Johansson Professor, King Abdullah University of Science & Technology

16:45 - 17:15

Direction of Powertrain Technology for Passenger Cars

Yuan SIEN Chief Engineer, Geely Group (吉利集團)

17:15 - 17:45

Technology Roadmap of Heavy-Duty Vehicle Engines

Dr. Dehui TONG Vice president, Weichai Power (濰柴動力)

17:45-18:00 Enabling a Sustainable Mobility Solution

Amer Amer Fuel Technology Chief Technologist, R&DC, Saudi Aramco

18:00 - 20:00 NETWORKING RECEPTION (Ending)