

車輛內部空氣品質 (VIAQ) 相關標準方法的制訂進程以及遵循依據

The development of standard methods relating to vehicle interior air quality (VIAQ) and how to comply with them

摘要

本應用文獻之內容主要是討論針對於車廂內部空氣中所含揮發性和半揮發性有機化合物所訂立之限制性法規要求，並描述了在採樣和量測上全球統一通用標準方法的發展走向。並簡要介紹了該領域用於樣品採集和物種分析上面的關鍵技術



車內空氣品質 (VIAQ) 之關注

自 1970 年代末以來，機動車輛之車廂內部空氣品質 (VIAQ) 一直是人們關注的話題。當時人們開始留意到，在車內這樣的密閉室內環境中，汽車產業應該對汽車內飾所釋放出的揮發性和半揮發性有機化合物 (VOC 和 SVOC)，對乘客健康的影響與風險等進行評估研究。

車輛內部所使用到的裝飾材料 (包括塑膠、聚氨酯、發泡物質、木材、地毯、紡織品和膠粘劑等)，或多或少都會釋放出若干的 VOC 和 SVOC，這些逸散物也就是造成 VIAQ 不良的主要因素。因此法規制訂與管制的主要驅動力，便是針對該議題對健康的負面影響。但是在中國的車輛市場上，人們主要所擔心的還有消費者對車廂內異味的厭惡，而異味也已經成為該國最受關注的產品品質問題

VIAQ 之相關法規

由於大眾輿論對 VIAQ 的持續關注，不少車廠本身均已經制定了公司內部的要求準則，藉以管制車輛內的 VOC 值達到可接受的水準。較早於 2007 年中國環保總局公告了 HJ/T 400-2007 「車內揮發性有

機物和醛酮類物質採樣測定方法標準」，中國進一步於 2011 年公布 GB / T27630 強制性法規並逐年更新，而此一法令乃是由政府所主導，大多數車輛製造商現在被要求必須遵守後方可於中國市場銷售其產品。儘管日本和韓國也有類似的等效指南，但是其監管要求不似中國般嚴格。而歐盟和美國的管制要求一般是由製造商或相關產業工業協會/監管機構來定義，而不是由政府或官方機構進行強力的干預與規範。

Compound 物種名稱	Limit level (mg/m ³) 管限制值		
	Prior to 2016-Jan	2016-Jan	2017-May (proposed)
Benzene 苯	≤ 0.11	≤ 0.06	≤ 0.05
Toluene 甲苯	≤ 1.10	≤ 1.00	≤ 1.00
Xylenes 二甲苯	≤ 1.50	≤ 1.00	≤ 1.00
Ethylbenzene 乙苯	≤ 1.50	≤ 1.00	≤ 1.00
Styrene 苯乙烯	≤ 0.26	≤ 0.26	≤ 0.26
Formaldehyde 甲醛	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.10
Acetaldehyde 乙醛	≤ 0.05	≤ 0.20	≤ 0.20
Acrolein 丙烯醛	≤ 0.05	≤ 0.5	≤ 0.5
TVOC 總揮發性有機物	≤ 8	≤ 6	移除取消
Ranking 排序	A-E	A-C	移除取消

表 1 中國 GB / T 27630 法規中所定義的 VOC 的管限制值。2017 年版本建議的修改還包括採樣條件以及報告的詳細內容

根據 GB / T 27630 法規對 VIAQ 規範的的典型要求，必須測定許多 VOC 的濃度，表 1 中即列出了 8 種需量測的 VOC。在此之前，法規中還指出需要揭露總 VOC (TVOC) 濃度，並定義了嚴格的分級系統 – 只是現在有建議提出說應可刪除這兩個要求。

無論車輛的製造國別是哪個國家，無論其是屬自願性宣告或強制性的法令要求，汽車製造商都有責任證明車廂內 VOC 含量是否能符合規範或低於限值。但是一般而言，當這些要求無法被證明可以滿足時，會從製造的生產供應鏈向下依次傳遞這個壓力給組件製造商和原材料供應商。這意味著供應商在產業鏈的各個階段，都必須能夠對其產品和材料進行測試與品質管控，能鑑別並找到引起高化學排放的是哪一些零部件，並促進低排放替代品的開發與使用。

VIAQ 相關標準方法的制定

多年來，對車內裝飾材料所釋放的 VOC 和 SVOC，各大製造商已經開發了數百種特定的方法來對其

進行採樣和分析。而也正因為這些方法的數量龐雜，反而成為製造商們的主要不便與痛點，監管機構因此也還受到以下挑戰：不同分析方法的結果通常無法進行有意義的相互比較

樣品	分析物種	採樣方法	適用規範	施行日期
車廂內空氣	揮發性有機物質	環境採樣腔	ISO 12219-1	2012
車輛內裝	揮發性有機物質	小型採樣袋	ISO 12219-2	2012
車輛內裝	揮發性有機物質	微型採樣腔	ISO 12219-3	2012
車輛內裝	揮發性有機物質	小型採樣腔	ISO 12219-4	2013
車輛內裝	揮發性有機物質	靜態採樣腔	ISO 12219-5	2014
車輛內裝	半揮發性有機物質	小型採樣腔	ISO 12219-6	2017
車輛內裝	揮發性有機物質	大型採樣袋	ISO/AWI 12219-9	仍在開發中

表 2 在 ISO 12219 的規範內容下，與 VIAQ 相關的 VOCs 和 SVOCs 採樣相關之標準 ISO 方法

揮發性有機化合物的定義是指沸點高於正己烷 (n-C₆H₁₄ · 68°C) 但低於正十六烷 (n-C₁₆H₃₄ · b.p. 287°C) 之化合物；而 SVOC 則是指那些沸點高於正十六烷的其他物質

為了簡化車輛行業關於此一議題之標準，國際標準化組織 (ISO) 透過其轄下之技術委員會 ISO / TC 146 / SC 6 (室內空氣)，力求開發可通用的檢測方法。這於是就衍生出所發布的六個標準，均針對於 VOC 和 SVOC 之釋出排放，從汽車內裝中及其所用材料來進行採樣和分析檢測，目前也還正在開發另外三種分析方法。表 2 中便總結了與 VOC / SVOC 分析有關的各個標準。

然而在 2011 年，即 ISO 12219 中的第一種方法發布之前不久，由於中國導入了其國內的強制性法規 GB / T 27630，使得原本欲建立一個全球一致性的標準方法，有所變化而非如原先所預期般的一帆風順

該法規引用了 HJ / T 400 標準方法 (該方法在以前是屬自願宣告之性質)，並指出需要對所有進口到中國的車輛進行 VIAQ 測試。許多人認為這是一個巨大的貿易壁壘，這不僅是由於最初的容許值限制非常嚴格，還涉及原型車的運輸與物流，必需將該車輛運送至中國少數幾個通過認證的實驗室進行測試。關於該法規是否允許自我認證，或者中國以外的認證實驗室是否能夠執行該方法的討論尚仍在進行中。

Sampling mode	Condition	ISO 12219-1	HJ/T 400 (cited by GB/T 27630)	Forthcoming UN method
Ambient	Pre-condition time	1 h	24 h	>30 min
	Soak time	≥ 8 h	16 h	16 ± 1 h
	Sampling time	30 min	30 min	(1) 30 min after 24 h precondition; (2) 30 min after 16 h soak in vehicle
	Sampling temp	23°C	25 ± 1°C	23.0 ~ 25.0°C, as close as possible to 25.0°C
	Vehicle doors	Open for pre-conditioning, closed for soak	Open for pre-conditioning, closed for soak	Closed (24 h 30 min), then open (>30 min), then closed. Storage (near the test facility) for 1 day of soak time before measurement. Soak temp. as close as possible to room temp., and between 20~30°C.
	Sample tubes	(a) Sorbent tube (Tenax TA) (b) DNPH cartridge	(a) Sorbent tube (b) DNPH cartridge	(1) Sorbent tube (Tenax TA) (2) Sorbent tube (Tenax TA) & DNPH cartridge
	Sample volume	(a) ≤ 3 L ; (b) ≤ 30 L	(a) 3 ~ 6 L ; (b) 3 ~ 15 L	3 ~ 6 L (sorbent tube) ; 12 ~ 30 L (DNPH cartridge)
Parking	Soak time	4 h 30 min	Not Required	4 h
	Sampling time	30 min		30 min
	Sampling temperature	23°C; then door closed and radiator on for 4 h to raise temp. to ~65°C		25°C
	Vehicle doors	Closed		Closed
	Sample tubes	Sorbent tube (Tenax TA)		DNPH cartridge
	Sample volume	(a) ≤ 3 L ; (b) ≤ 30 L		2~30 L
	Sampling time	30 min		30 min
	Sampling temp.	A/C on, 23°C		25°C
Driving	Vehicle doors	Open	Not required	Open
	Sample tubes	(a) Sorbent tube (Tenax TA) (b) DNPH cartridge		(a) Sorbent tube (Tenax TA) (b) DNPH cartridge
	Sample volume	(a) ≤ 3 L ; (b) ≤ 30 L		(a) 3~6 L ; (b) 12~30 L

表 3 總結了兩種關鍵採樣方法 (ISO 12219-1 和 HJ / T 400) 其間的差異，兩者均用於評估車輛內部 VOC 和 SVOC 的含量，表中也將即將採行的聯合國規定方法條件一併列出。(a) 和 (b) 乃是指同時採集的單獨個別樣品

另一個困難在於，儘管 HJ / T 400 與 ISO 12219 -1 這兩個規範在意義上大致相似-即在一個大的環境艙內，對車內空氣進行抽氣採樣-但是因為採樣條件的不盡相同，也意味著這兩種方法的結果不能直接相互比對 (表 3)。被廣泛使用的日本和韓國標準方法也出現了類似的情況。儘管還尚未能找到直接解決此一問題的管道，但由於美國和歐盟與中國監管機構已經開始了磋商談判，GB / T 27630 的擬議變更 (2017 年) 將應可在一定程度上緩解製造商面臨到的困難。

為了解決 ISO 12219-1 和 HJ / T 400 兩規範之間的差異，此事項已移交給聯合國，因為中國在 ISO (TC 146 / SC 6) 的相關機構中沒有代表參與其中，因此這被視為是必要的程序。於 2013 年 6 月，韓國提出了一項提案希望能就 VIAQ 之議題，建立一個新的全球技術法規 (GTR)，且希望該法規未來能在測試方法上達成共識。因此成立了 VIAQ 非正式工作小組，該工作小組則於 2017 年 7 月向聯合國世界車輛法規協調論壇推薦了新的測試程序。

在此論壇中建構一種新的檢測方法與規範所帶來另一個好處是，它能比 ISO 標準通常採用的測試方法在採樣和分析條件上更加明確詳盡。這其實是製造商間所普遍歡迎的，因為高度規範的方法使得不同實驗室進行測試所得的結果，具有更高的可重複性，且更易於相互間之結果比對，因此可以進行更可靠的數據比較。ISO 標準附帶的全球認可性使得一旦這個新的聯合國法規方法獲得接納採用，它很可能會重新被納入 ISO 12219-1 的規範內容中。

標準方法中所使用之採樣設備

許多用以評估 VIAQ 的標準方法，或是欲分析各組成零部件其所釋出之 VOC 以及 SVOC 等化合物時，均需使用到熱脫附 (TD) 裝置。藉由 TD 將這些揮發性有機物先行濃縮，使其達到能利用氣相層析 (GC) / 質譜 (MS) 或是氣相層析 (GC) / 火焰離子偵測器 (FID) 可檢測的程度，少數的例外狀況則是若當需要監測具高化學反應性物質 – 例如甲醛時，則將氣態樣品收集到內充填有二硝基苯肼 (DNPH) 的小管柱內，然後利用高效液相層析 (HPLC) 分析後續其所得的穩定衍生物。為了方便起見，通常也會使用此一技術監控含量較少，揮發性較低的醛類物質



圖 1 3/4" x 1/4" 內部充填吸附劑的 TD 採樣管 (兩端並配有有黃銅製密封蓋)。此採樣管可適用於多種應用領域，包括對汽車車廂內空氣進行採樣，或對來自汽車內裝之飾件材料等之逸散物質來進行採樣

在所有這些分析狀況下，揮發性有機物都會先從採樣裝置收集到內部充填有吸附劑的採樣管中 (圖 1)。然後將該採樣管置入熱脫附儀後，將採樣管內所收集之化合物再轉移到一內徑狹窄的冷卻聚焦阱中。其後在快速加熱該冷卻聚焦阱的同時，以一股與進樣階段反方向之逆向氣流，將 VOC 和 SVOC 吹掃傳輸至氣相層析儀之管柱內，此一高速加熱的動作可使得樣品的進樣帶寬相當狹窄，因此確保了後續所得的層析圖之波峰的對稱性和高靈敏度。使用 TD 的好處很多，在 Markes International 的許多技術應用文獻中均有更詳細的討論與介紹，也歡迎再與我們洽詢索取。

表 4 中簡要描述了五種直接適用於 VIAQ 相關的重要採樣方法，完成這些採樣程序後，可再進行 TD-GC 的分析工作。

分析目的	採樣方法	分析流程概述	標準方法
整體 VIAQ	環境採樣艙	<ul style="list-style-type: none"> 由包圍環繞整車的腔體空間內採樣 將採品捕集至充填有吸附劑之採樣管內 採樣管熱脫附後，將樣品收集至聚焦阱內 聚焦阱進行熱脫附後，將樣品送至 GC 進行分析 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 12219-1 China：HJ/T 400 Japan：JASO Z125 South Korea：Article 33-3
裝配零部件的 排放	小型採樣艙 	<ul style="list-style-type: none"> 於標準的一立方公尺採樣艙內進行採樣 將採品捕集至充填有吸附劑之採樣管內 採樣管熱脫附後，將樣品收集至聚焦阱內 聚焦阱進行熱脫附後，將樣品送至 GC 進行分析 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 16000-9 ISO 12219-4 ISO 12219-6 VDA 276 JIS A1901 BMW GS 97014-3 (Summer test) ASTM D5116-97
	採樣袋 	<ul style="list-style-type: none"> 將樣品以 10 升至 2000 升之採樣袋收集之 樣品直接導入聚焦阱中 聚焦阱進行熱脫附後，將樣品送至 GC 進行分析 	<ul style="list-style-type: none"> Japan：JASO M902 MS300-55 (Hyundai-Kia) NES M0402 (Nissan) ATSM 0508G (Toyota) DWG 0094Z SNA 0000 (Honda) ISO 12219-2 (10 L bag) ISO 12219-9 (2000 L bag)
零組件之排放	微型採樣艙 	<ul style="list-style-type: none"> 於微型的採樣艙(44 或 114 立方公分)內進行氣態樣品之採樣 將採品捕集至充填有吸附劑之採樣管內 採樣管熱脫附後，將樣品收集至聚焦阱內 聚焦阱進行熱脫附後，將樣品送至 GC 進行分析 	<ul style="list-style-type: none"> TPJLR.52.104 (Jaguar Landrover) ISO 12219-3 ASTM D7706 GMW17082 (General Motors) RNES-B-20116 (Renault/Nissan)
	直接脫附 	<ul style="list-style-type: none"> 將少樣樣品 (約莫 50 毫克) 置入空的採樣管內，直接加熱 將所釋出之氣體收集至聚焦阱中 聚焦阱進行熱脫附後，將樣品送至 GC 進行分析 	<ul style="list-style-type: none"> VDA 278

表 4 用於量測 VIAQ 以及車輛零部件和材料排放的相關採樣方法。所有 GC 分析方法均按照 ISO 16000-6 之規範內容執行之，其中明訂了應以 MS 或 FID 以進行相關檢測

關於這些採樣方法，還有些值得關注的注意事項：

環境模擬室和小型環境艙通常用於產品認證，由於具有可對零組件的逸散釋出進行測試的能力，通常被視為材料逸散測試的“黃金標準”。然而，這樣的測試通常也是相當冗長耗時的，並且環境艙也相對頗為昂貴。環境艙室的大小也會導致明顯的“壁效應”，需特別觀察 SVOC 是否會粘附在腔室的內壁上。

使用**採樣袋**的採樣方式在亞洲特別受歡迎，儘管比起小型環境艙，採樣袋在方法認證上面耗時較短，但採樣袋的內壁吸附效應也影響了到了樣品的有效採樣率。人們還對使用採樣袋的相關清潔程序，以及從袋子材料本身是否有散發出的某些化學成分提出質疑。

若是採用 Markes 的 Micro-Chamber / Thermal Extracto 之類的**微型採樣腔**裝置，就可以大幅解決上述的問題：

- 相較於採樣袋，可擴及更廣泛的分析物類別與範圍。
- 與樣品接觸之面積小，可以減少壁面的吸附效應影響。
- 可允許執行快速採樣。
- 助於改善於實驗室間，彼此之分析數據或研究結果的可重複性。

此外，由於使用的是相同的萃取技術，微型採樣腔的排放數據，與環境模擬室和小型環境艙的排放數據已證實是相關的，可以用於預測長期測試的認證結果(詳 Markes 應用文獻 069)。因此，微型採樣腔裝置現在也被認為是適合用於進行逸散物篩選和品質控制的理想方法(詳 Markes 應用文獻 073, 093)

直接熱脫附儘管對於質地均勻的小體積樣本是快速且有效的量測篩檢方法，它雖尚未轉化為統一的 ISO 規範。但是，相關的業界標準方法 (VDA 278) 仍然很受歡迎，根據這種方法進行直接熱脫附的詳細訊息資料您也可以再與我們洽詢(詳 Markes 應用文獻 059)

結論

有越來越多的人開始意識到，暴露於車廂空氣中的揮發性化學物質可能產生對健康的影響與潛在風險。來自消費者端的壓力，開始要求無氣味的汽車內裝，中國大陸龐大的汽車消費者與網民甚至覺得這個議題重於車輛的排放管制，這促使了研究人員開發出許多評估 VOC 和 SVOC 逸散的標準方法。

如 ISO 12219-1 之類用於車內空氣中的化學物質進行採樣和分析的方法，有著不少帶爭議性的困難處，但希望即將推出的聯合國新標準可以首次在車內空氣品質監控上達成全球共識。量測裝配零件和其餘零組件材料的逸散排放所採行的 ISO 12219-2 至 12219-6 已在整個行業中被廣泛接受，相比起來就簡單直接許多。

藉著讓製造商更容易在全球銷售其產品，並且開發滿足客戶要求的低排放材料，已是歷經多方協調且達共識的發展趨向，這也將會使得整體的汽車產業受益。這些協調一致的分析方法中，既能分析所有的目標化合物，又可有效的量測正確的濃度，所使用的 TD-GC-MS 技術 (例如圖 2 所示的 Markes 的 TD100-xr 設備) 其性能是否足堪重任就至關重要了。同時，Markes 身為相關之系統製造

商，還提供了全系列的採樣附件，可囊括處理多種類型和大小的樣品，讓客戶獲得最佳的靈活度與實用性。



圖 2 Markes 的 TD100-xr，具備 100 支採樣管自動分析功能之熱脫附儀

issg
Since 1993

瀚盟科技
Integrated Scientific Services Group, Ltd.

電話：02-8797-7272 傳真：02-9797-7171

台北市內湖區內湖路一段91巷23弄1號2樓

網址：www.issg.com.tw