

# 路邊遙感監測車輛廢氣

任日成  
高級環境保護主任

30/5/2019

25/6/2019

Photo by Oscar Sutton on UNsplash



環境保護署

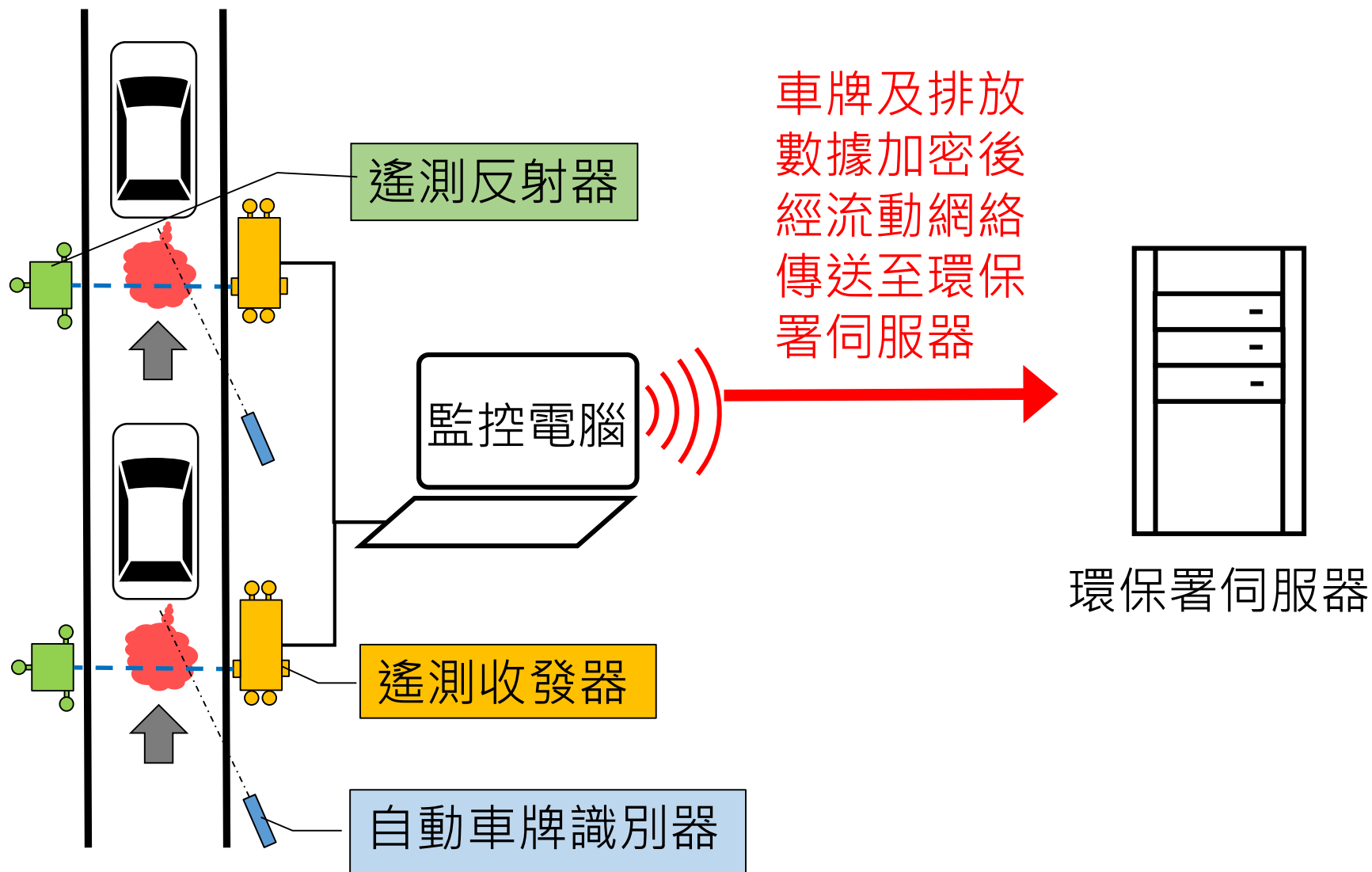
Environmental Protection Department

# 大綱

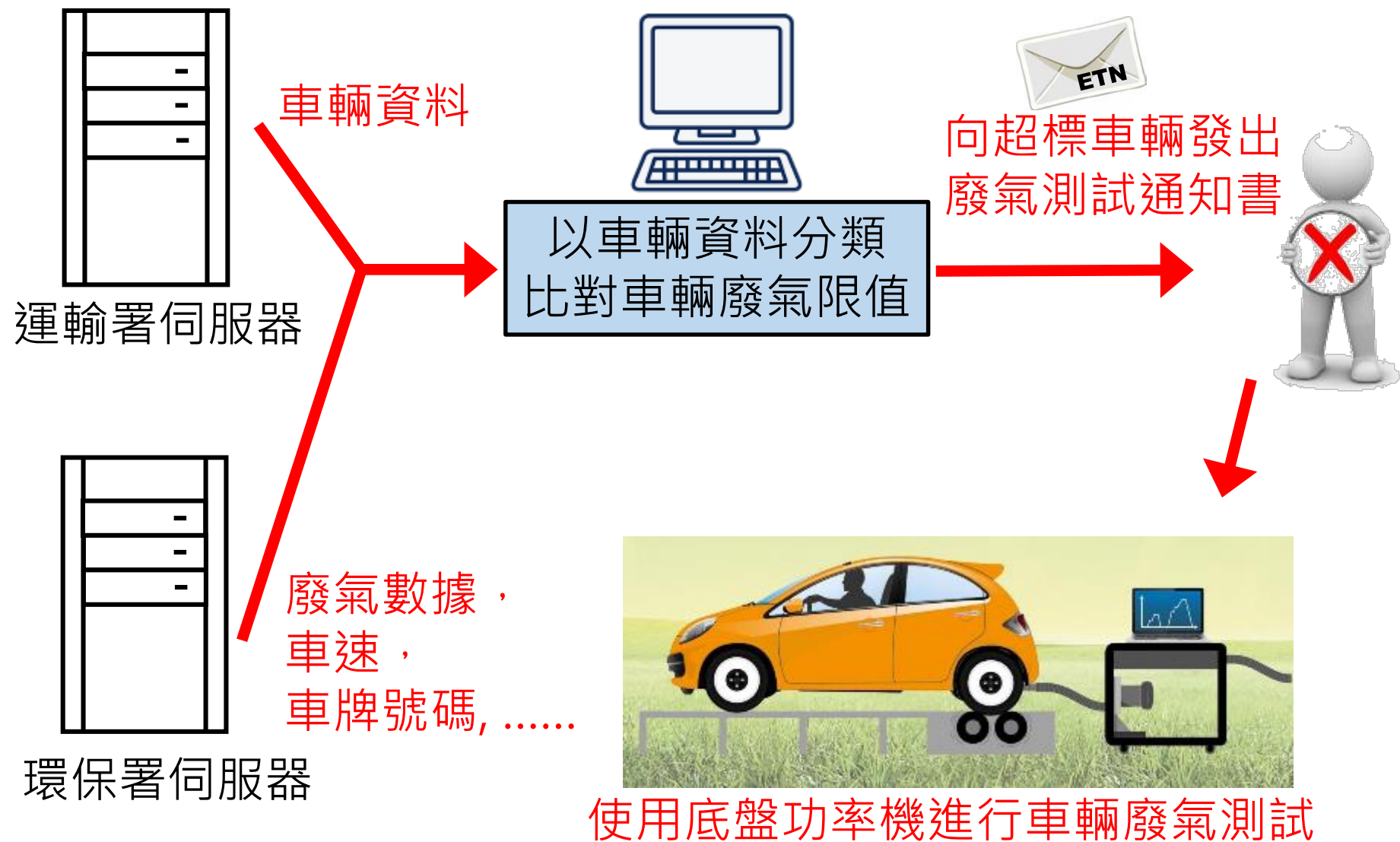
- 汽油及石油氣車輛廢氣排放管制流程
- 遙測基本原理
- 遙測與功率機測試的關係
- 實施概況 - 汽油及石油氣車輛廢氣排放管制
- 柴油車NO<sub>x</sub>排放問題嚴峻 - 遙測可望針對問題
- 遙測的其他用途
- 總結

# 汽油及石油氣車輛廢氣排放 管制流程

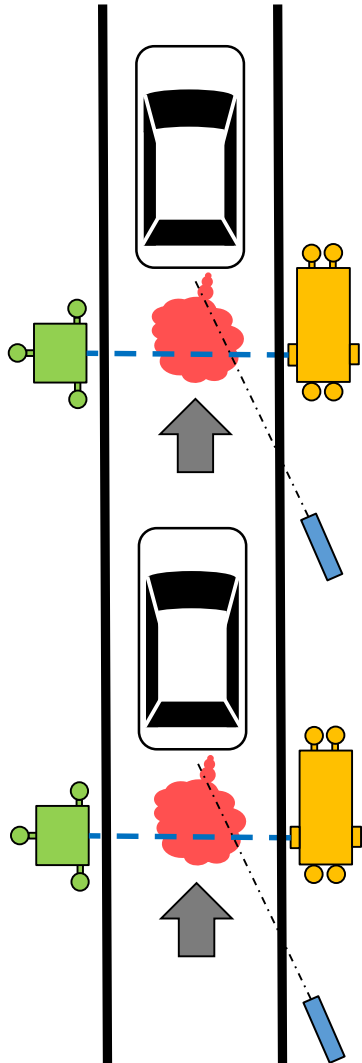
# 遙測車輛廢氣管制流程(一)



# 遙測車輛廢氣管制流程(二)



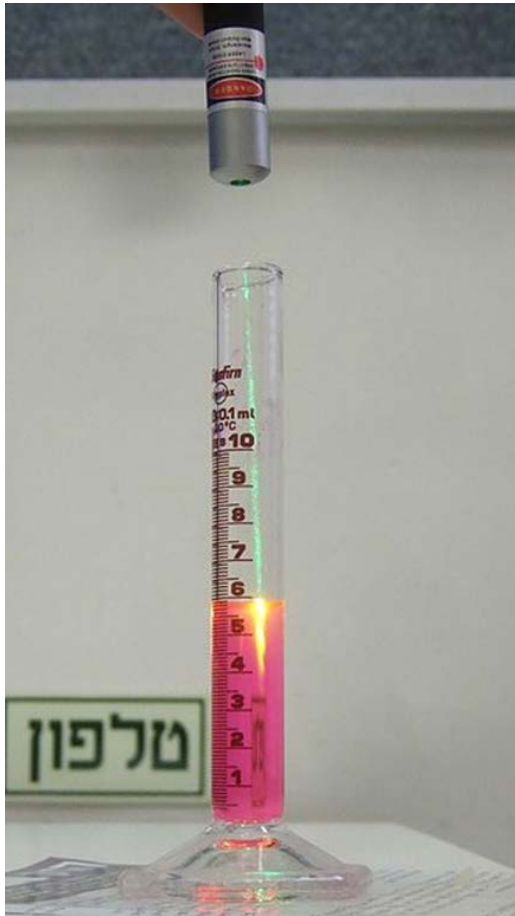
# 需要兩組遙測設備



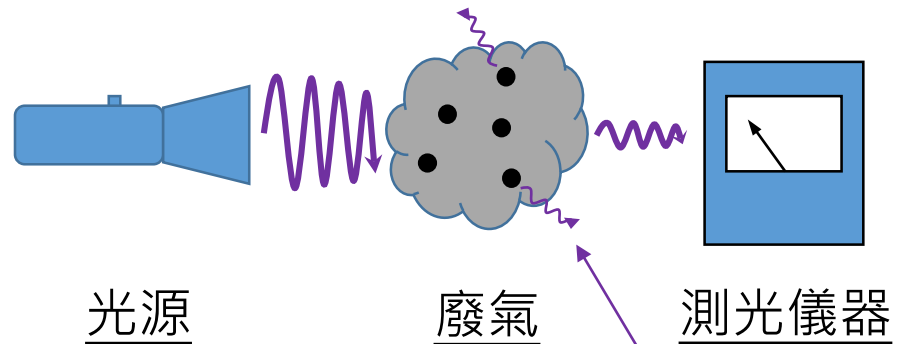
遙測篩選時會同時使用**兩組**遙測設備，當兩組遙測設備同時測得某一車輛同一模式地排放超標，系統才繼續進行下一步分析，在完全通過質檢後確定超標，才向超標車輛的車主發出廢氣測試通知書 (ETN, 俗稱『驗煙令』)

# 遙測基本原理

# 光線穿越氣體後減弱



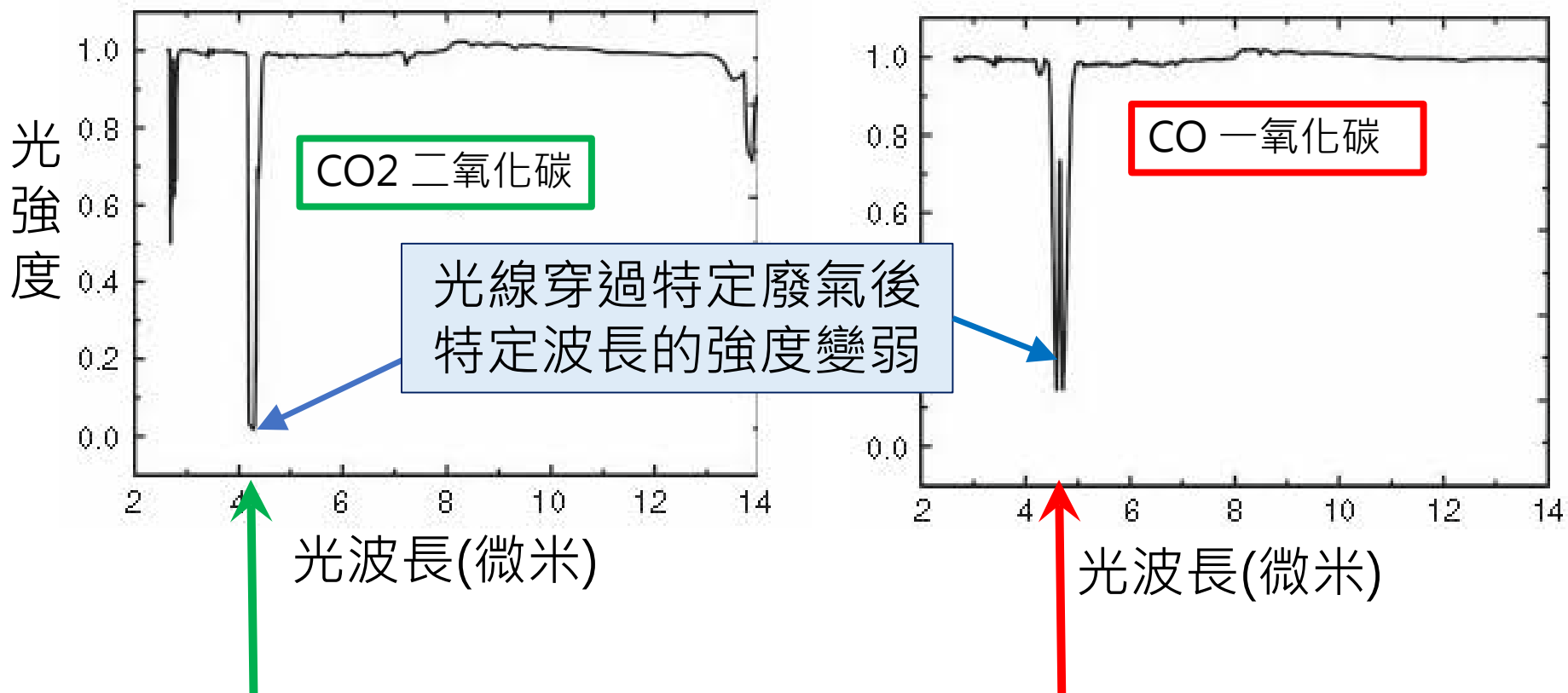
光線穿越液體後減弱



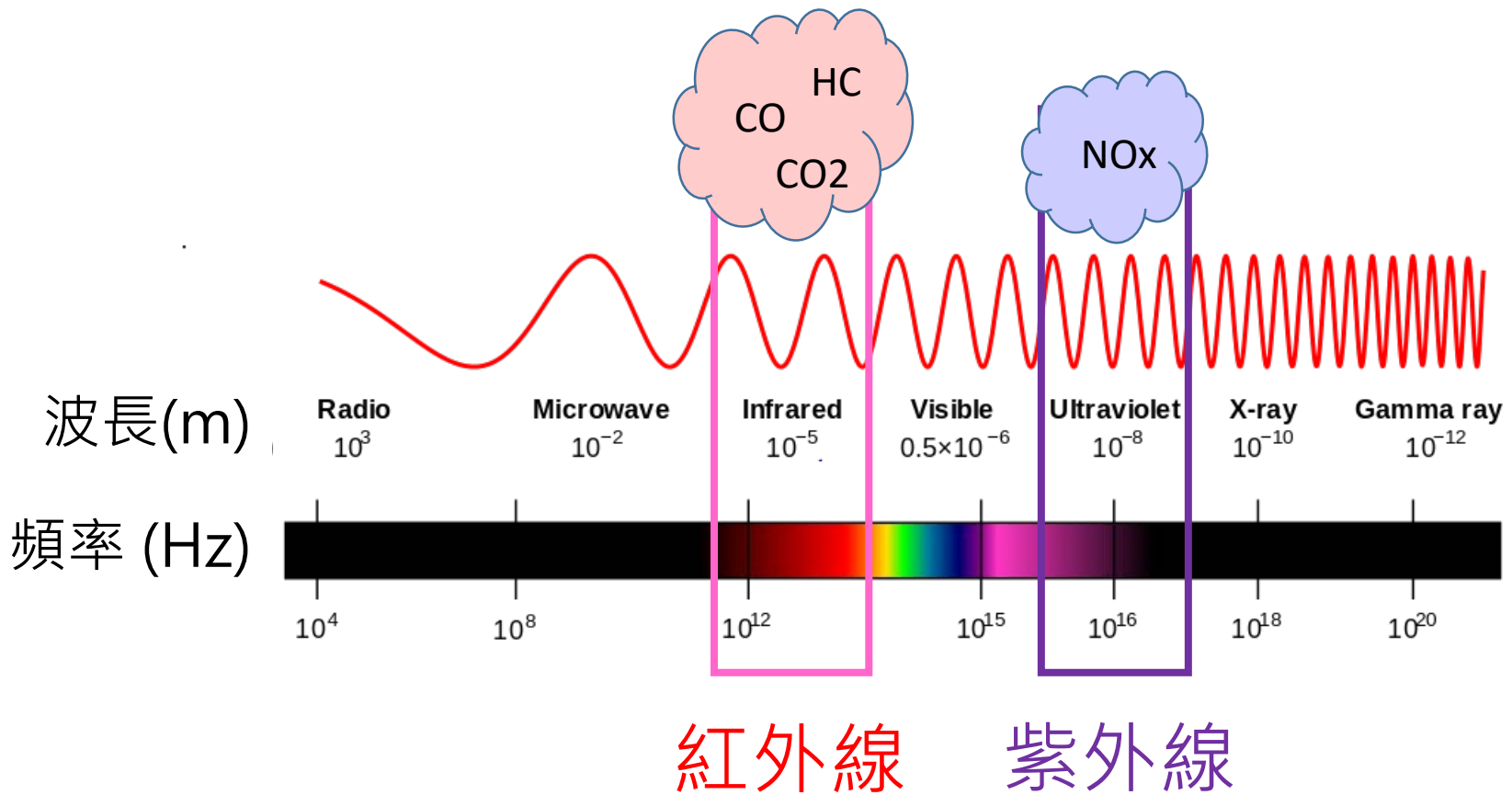
- 光線穿越氣體後減弱
- 肉眼不見
- 光譜測光儀器可檢測光線減弱



# 特定氣體吸收特定波長的光線



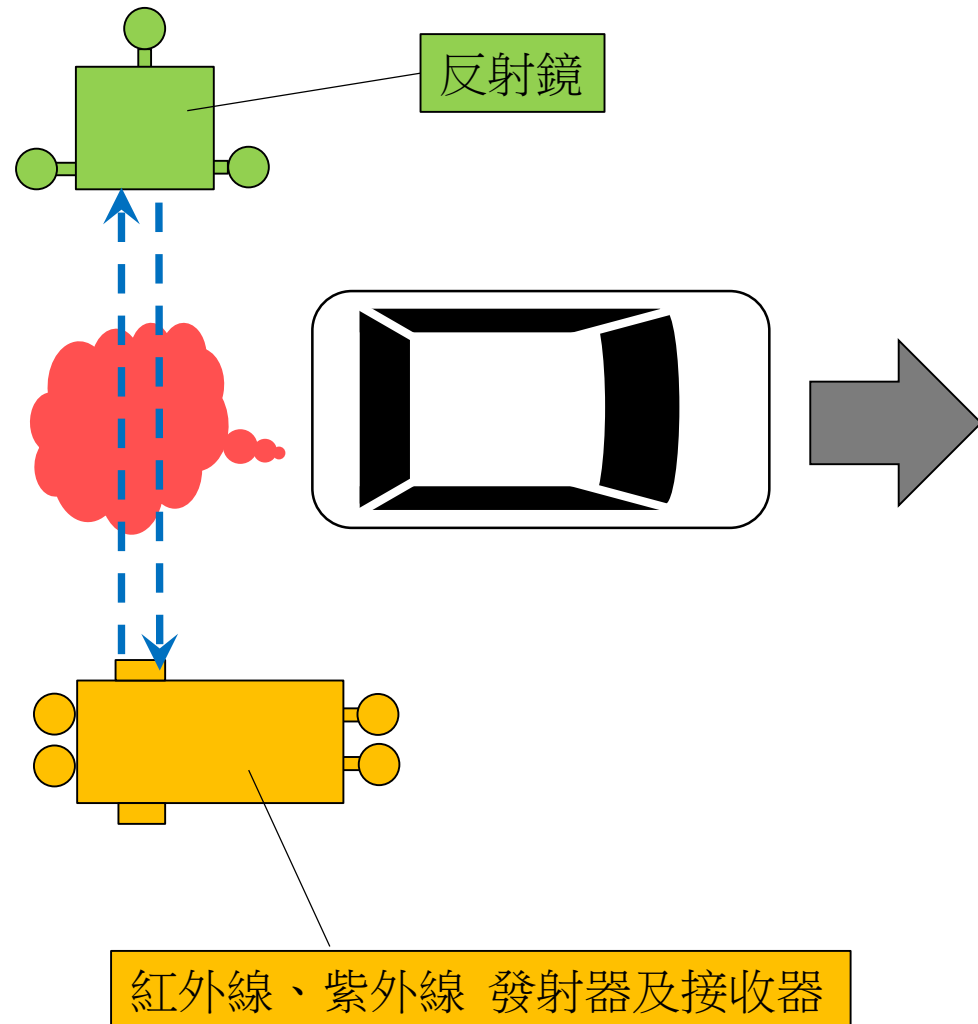
# CO, CO2, HC, NOx 各有特定頻譜



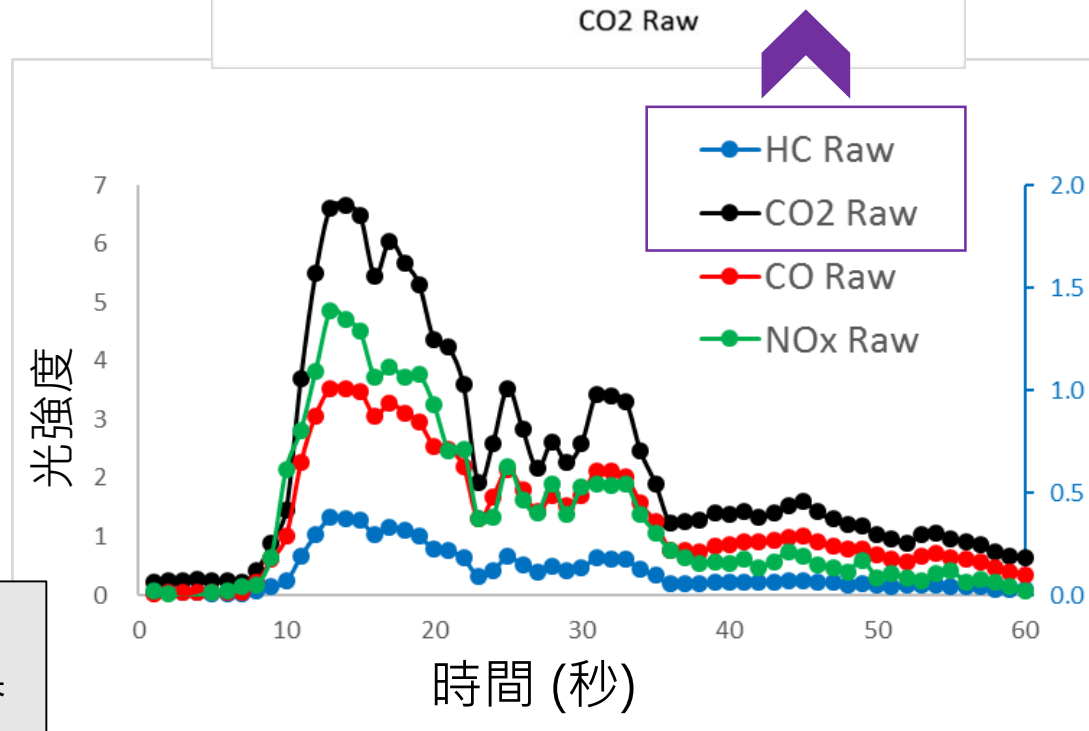
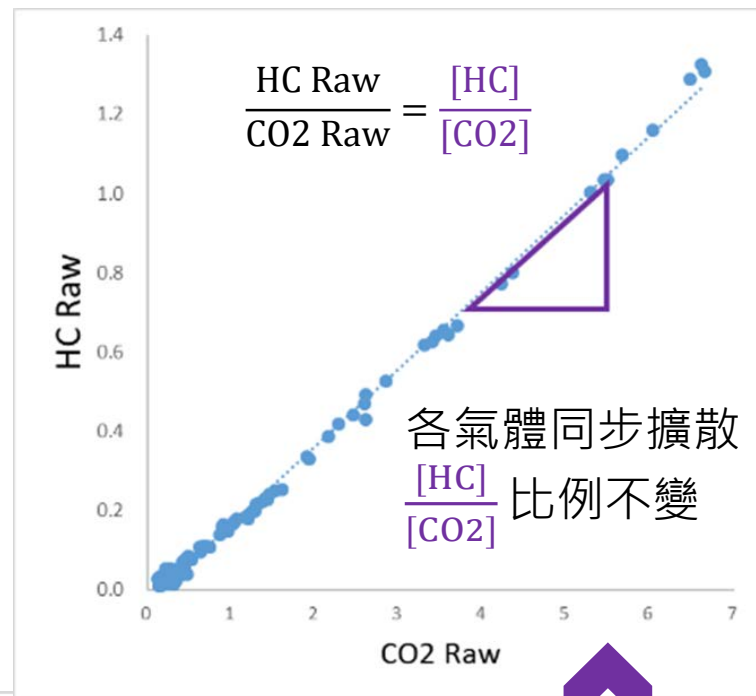
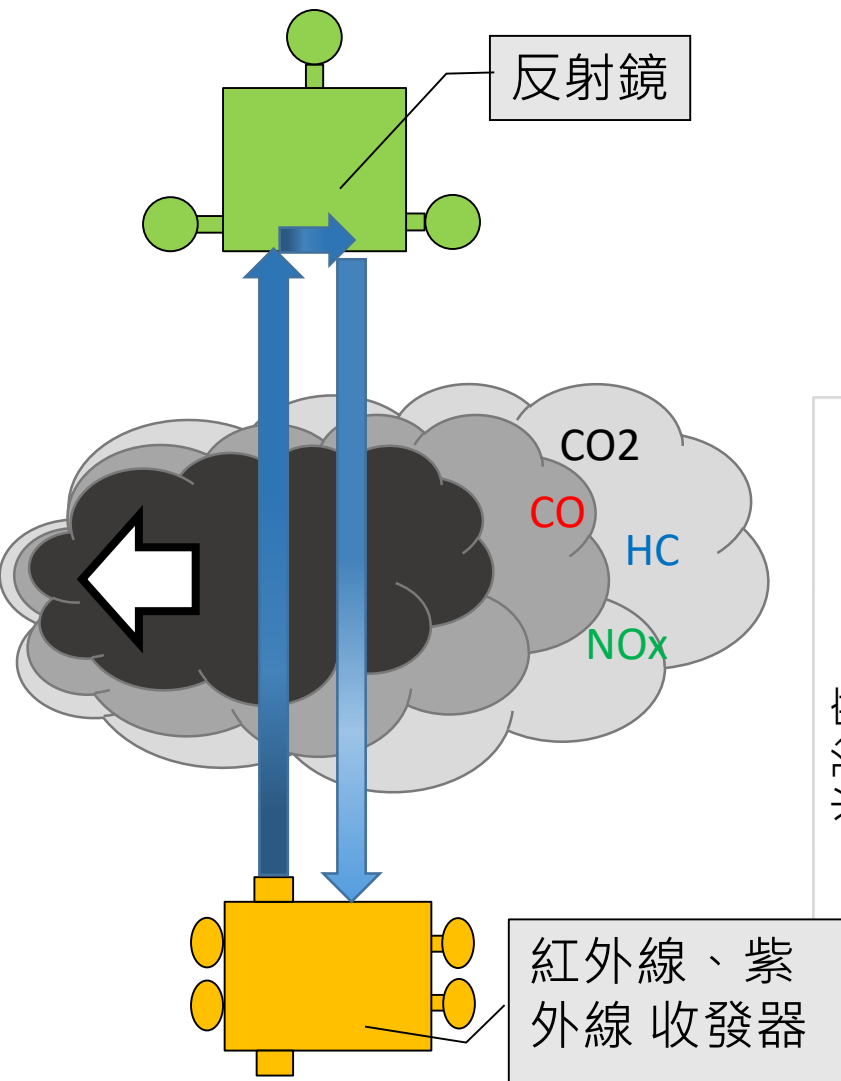
# 比爾-朗伯定律 Beer-Lambert Law

確立方程式，關聯透光度、氣體濃度、光束長度、氣體種類等參數

➤ 量度特定波長光線的透光度變化，可得出特定氣體濃度的變化



# 遙測以濃度比例 $\frac{[HC]}{[CO_2]}$ 為量度基礎



# 遙測原理: 汽油及石油氣車

- 遙測量度  $\frac{[HC]}{[CO_2]}$ ,  $\frac{[CO]}{[CO_2]}$ ,  $\frac{[NO_x]}{[CO_2]}$  濃度比例，由於不同氣體在排放後同步擴散，

所以  $\frac{[HC]}{[CO_2]}$ ,  $\frac{[CO]}{[CO_2]}$ ,  $\frac{[NO_x]}{[CO_2]}$  濃度比例不會因擴散而改變

- 汽油及石油氣車的引擎，一般負載時操作於最佳空燃比 ( $\lambda = 1$ )，所以這些車輛排放的  $[CO_2]$  濃度在未擴散前都是一個常數，汽油及石油氣車的數值分別是約15%及14.7%。

車牌號碼  $\Rightarrow$  燃油種類  $\Rightarrow$   $[CO_2]$  濃度數值

+

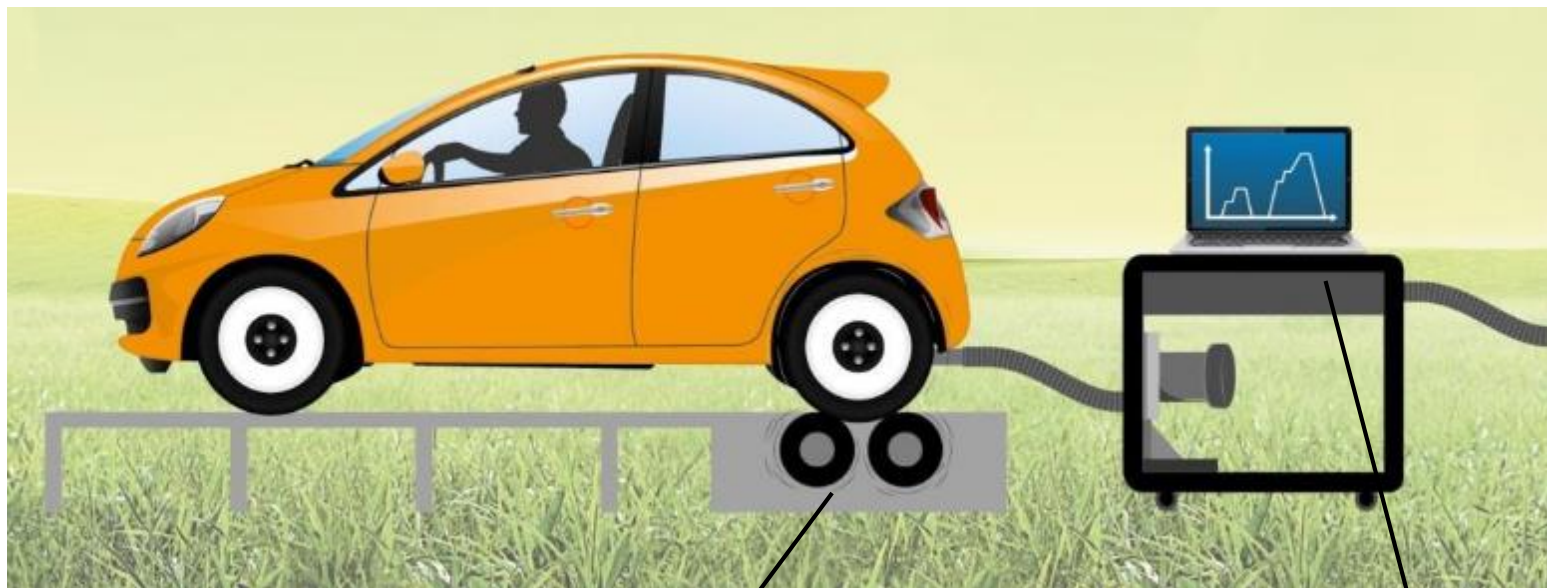
遙測量度  $\frac{[HC]}{[CO_2]}$

$\Rightarrow$   $[HC]$

- $[NO_x]$  與  $[CO]$  均如此類推而求得

# 遙測與功率機測試的關係

# 底盤功率機進行車輛廢氣測試

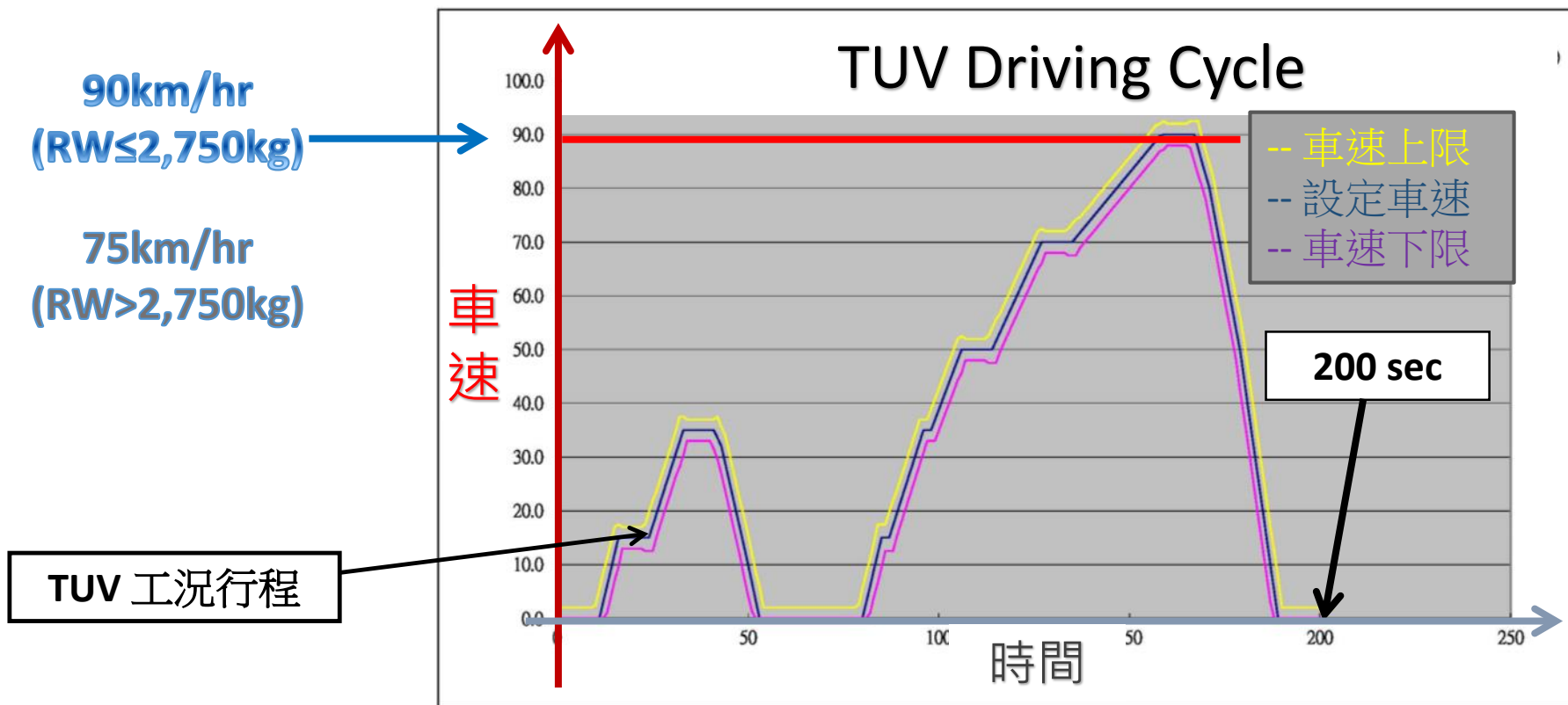


瞬態底盤功率機

氣體分析儀

# 駕駛工況: 額定車速及引擎負載

- 為確立一個檢測標準，需要特定每秒的車速，以劃一測試相同車種時的引擎負載
- CO, NO<sub>x</sub>, HC 排放限值 = 類型審批排放限值的2倍

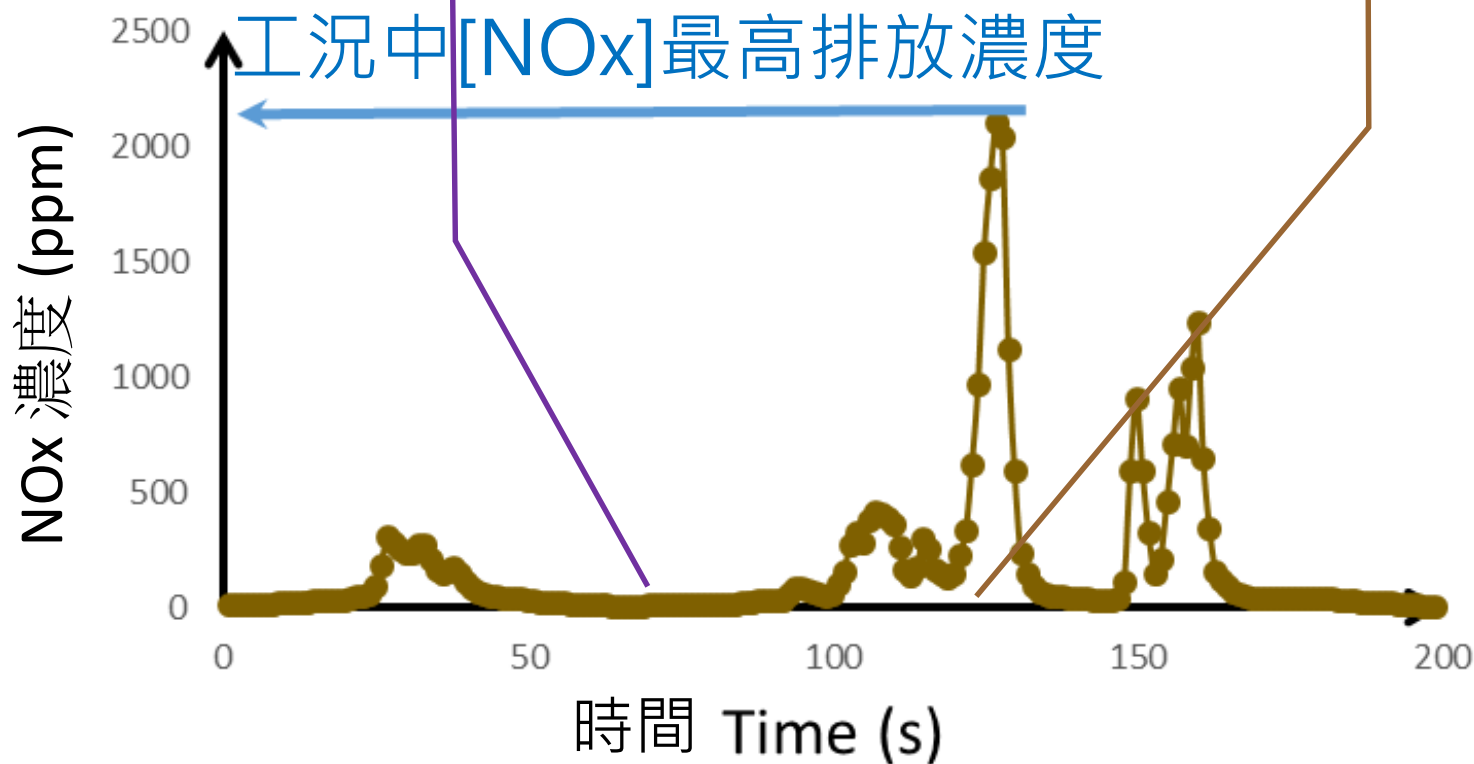




# 功況內最高排放濃度主導總排放量

大部份時間排放濃度極低

曲線下面積 ~ 總排放量(g)

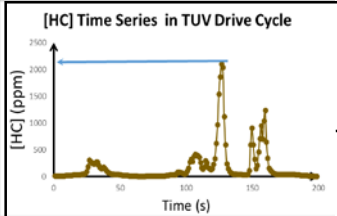
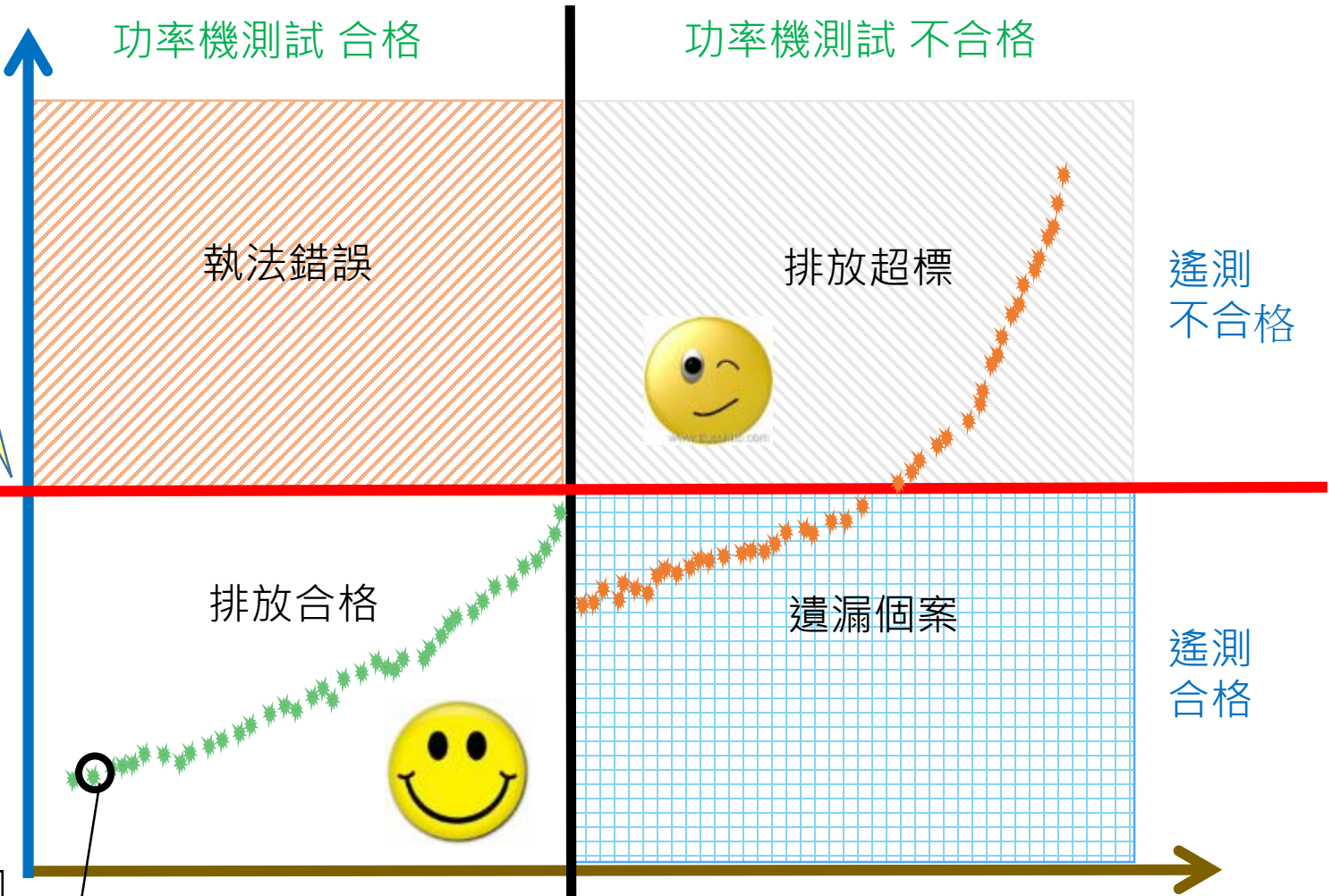


TUV功況內的NOx排放

# 遙測切點濃度制定 - 汽油及石油氣車

遙測  
超標濃度切點  
RS Cutpoint

底盤功率機測試時之  
最高排放濃度 (ppm or %)



底盤功率機測試排放量 (g/km)

底盤功率機測試排放量限值

遙測  
不合格

遙測  
合格

# 解說遙測切點濃度制定(1)

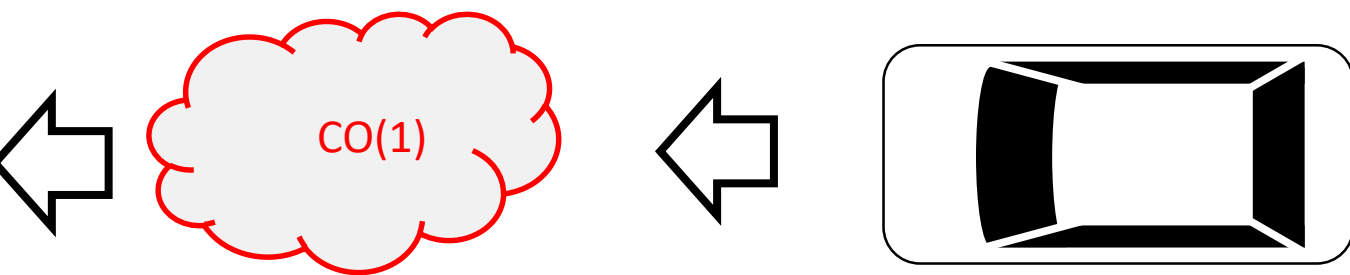
- 在制定遙測切點時，每點數據的排放濃度都是工況中最高濃度的情況，當時車速較高及在加速中，引擎負載高
- 每個遙測執法地點都經細心選擇，被檢測的車輛在行經時，引擎負載都遠低於功率機工況中最高排放時的狀態
- 所以任何一輛車，在路邊遙測地點量度出的排放濃度，不可能超越此車在功率機工況中的最高濃度

# 解說遙測切點濃度制定(2)

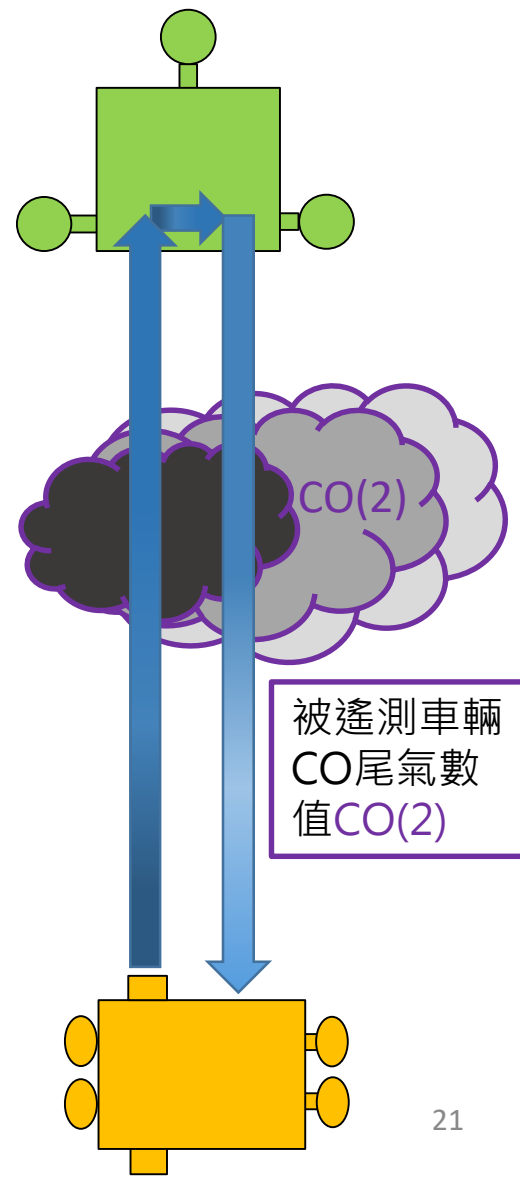
- 遙測切點濃度定義在所有達標車輛的最高濃度之上，即是：如任何一輛車在路邊遙測排放超越切點濃度，同一車輛若果即時在路邊進行功率機測試，總排放量不可能合格
- 有若干車輛在功率機工況中排放超標，仍可能在某一時刻能通過遙測，但仍有可能在另一次遙測超標，故此加強遙測監察能有效管制排放過量的車輛

# 前車殘留的廢氣使遙測切點額外放寬

前車遺下CO尾氣數值CO(1)



遙測儀器不停地量度大氣中的廢氣(背景廢氣)，當有車輛經過後才會記錄此車的尾氣數值及車牌號碼等參數，正被遙測車輛的CO尾氣數值將是  $[CO(2) - CO(1)]$ ，所以前車殘留的廢氣不會增加正被遙測車輛的廢氣濃度，只會提供額外空間給此車輛通過遙測

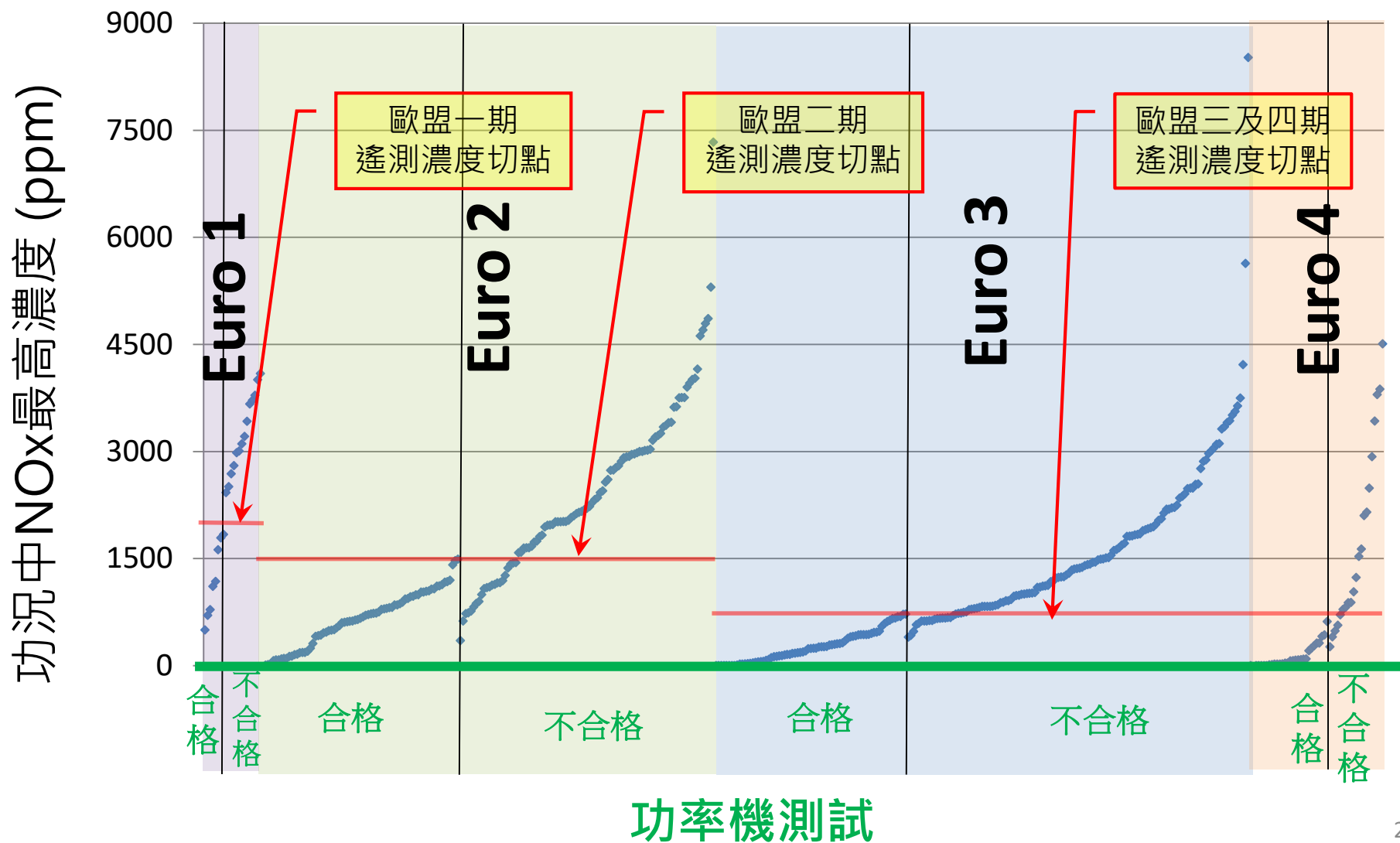


# 遙測篩選 – 保守可靠

- 遙測切點濃度制定時，是假設引擎高負載；遙測地點選擇時，引擎負載實質較低
- 充分地考慮引擎折舊後，功率機測試排放限值，是類型審批排放限值的2倍
- 當兩組遙測設備同時測得某一車輛同一模式地排放超標，系統才繼續進行下一步分析
- 前車殘留的廢氣使遙測切點額外放寬
- 所有遙測設備須要每兩小時，通過使用標準氣體的審核，數據才有效，有效數據再經一連串嚴密的質檢程序，才可發出俗稱『驗煙令』的廢氣測試通知書 (ETN)

# 底盤功率機執法的樣本結果

◆ Avg of Top 5 %



# 遙測與功率機測試同時重要

## 遙測

- 高效益工具
- 隨機地從大量行駛中的車輛中篩選出排放超標的車輛
- 保守的遙測限值，避免誤判
- 沒有影響交通
- 沒有打擾車主及司機

## 功率機測試

- 排放評核測試
- 合理排放限值 (類型審批排放限值的2倍)
- 類似類型審批排放測試
- 相對類型審批排放測試，測試費用低、測試時間短



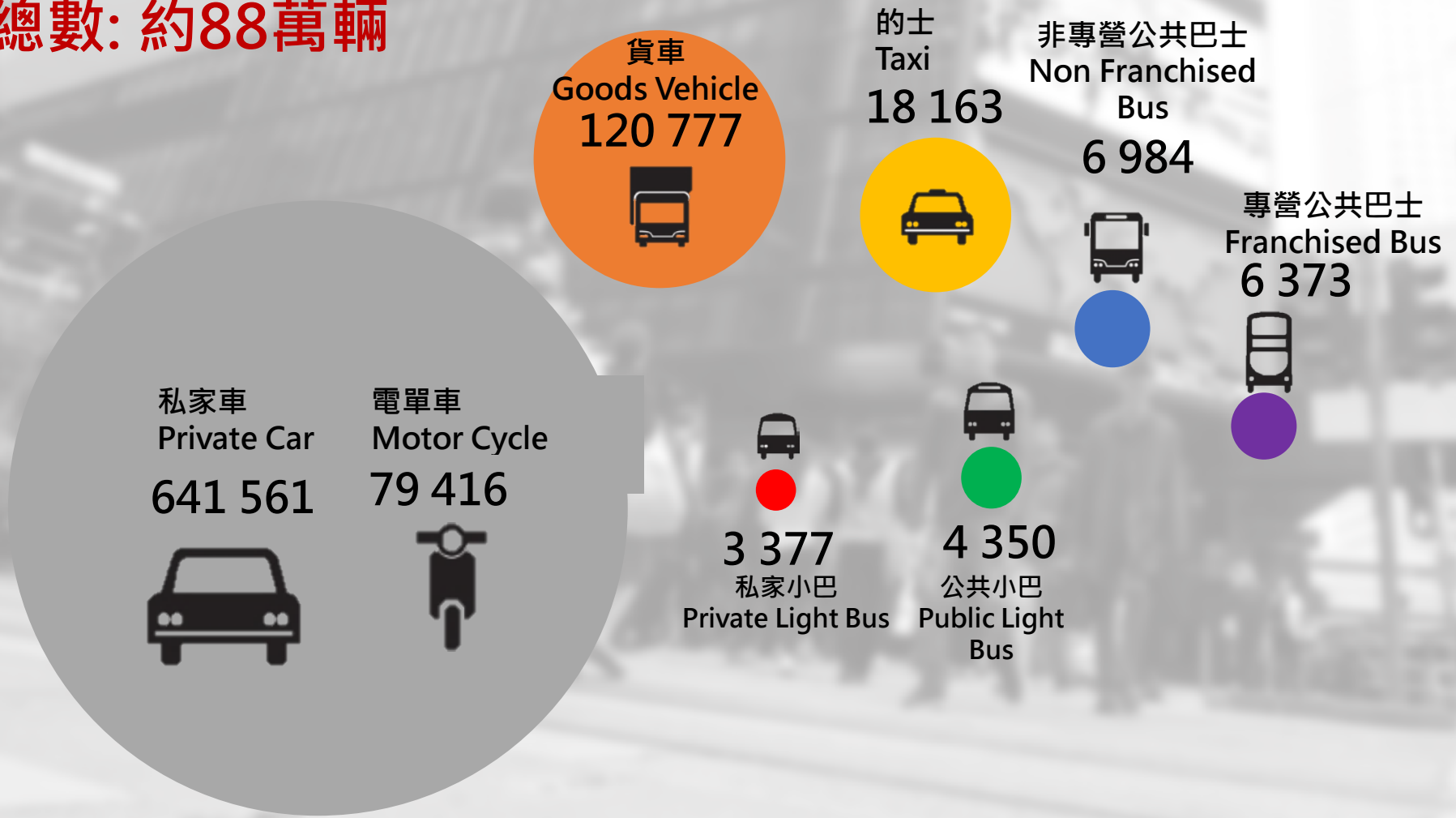
# 實施概況

汽油及石油氣車輛廢氣排放管制

# 香港車輛數量

已領牌車輛的種類及數目(截至2018年10月)

**總數: 約88萬輛**



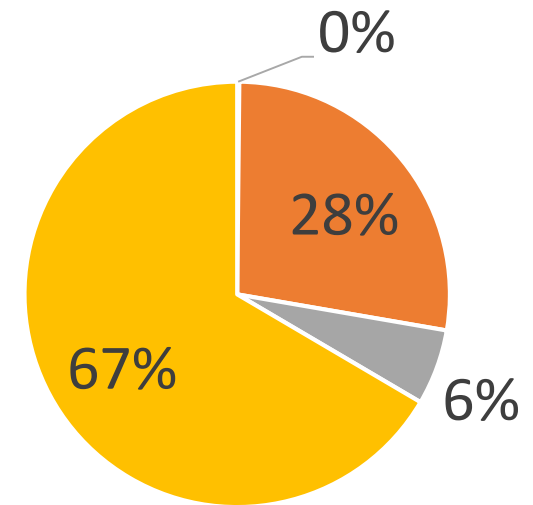
# 排放超標車輛整體比例極低

1/9/2014 – 31/1/2019:

- 遙測 > 3,000,000 架次車輛
  - 2017: 550,000架次
  - 2018: 920,000架次
- 發出 > 16,000 份廢氣測試通知書 (ETN)

底盤測功機測試合格率:

- 9/2014 : ~50%
- 12/2018: ~98%

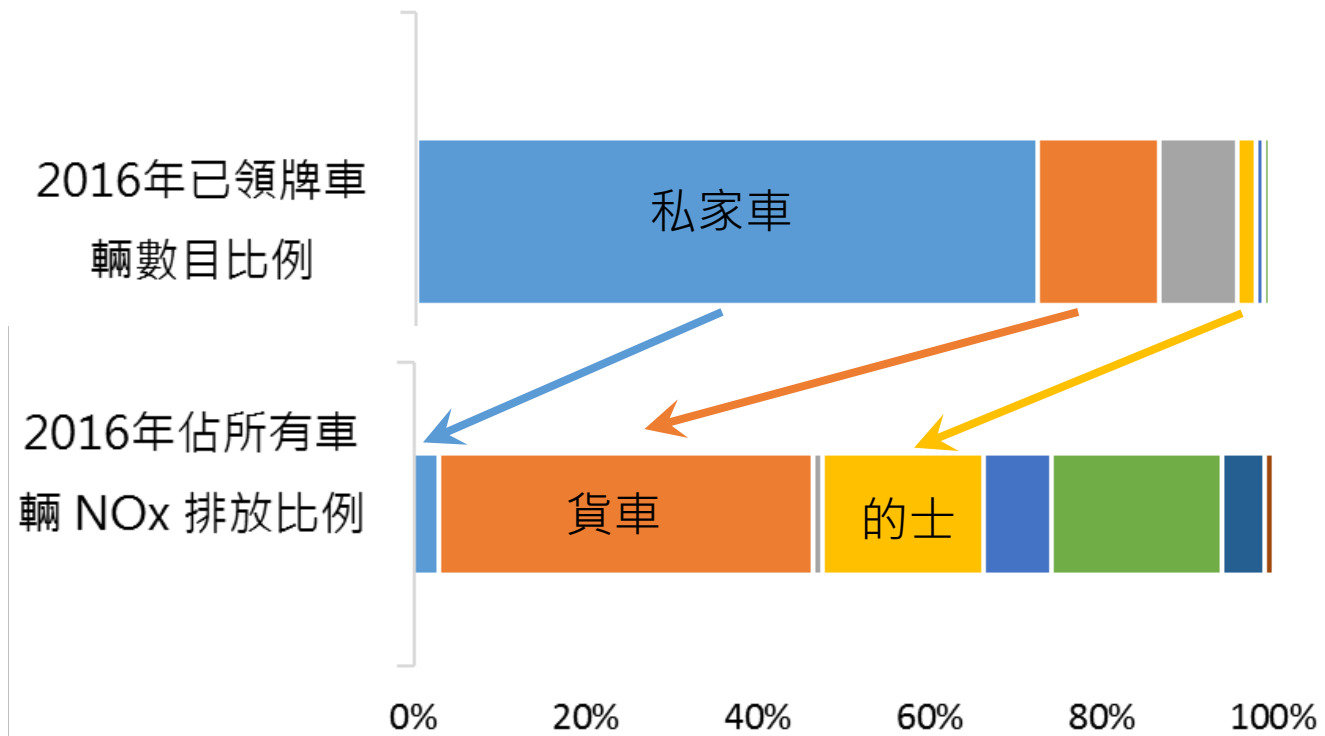


■ 輕型貨車 ■ 私家車  
■ 小型巴士 ■ 的士

排放超標車輛分佈比例

業界普遍掌握維修技術

# 商業車輛數目少 但佔NOx排放總量比例高

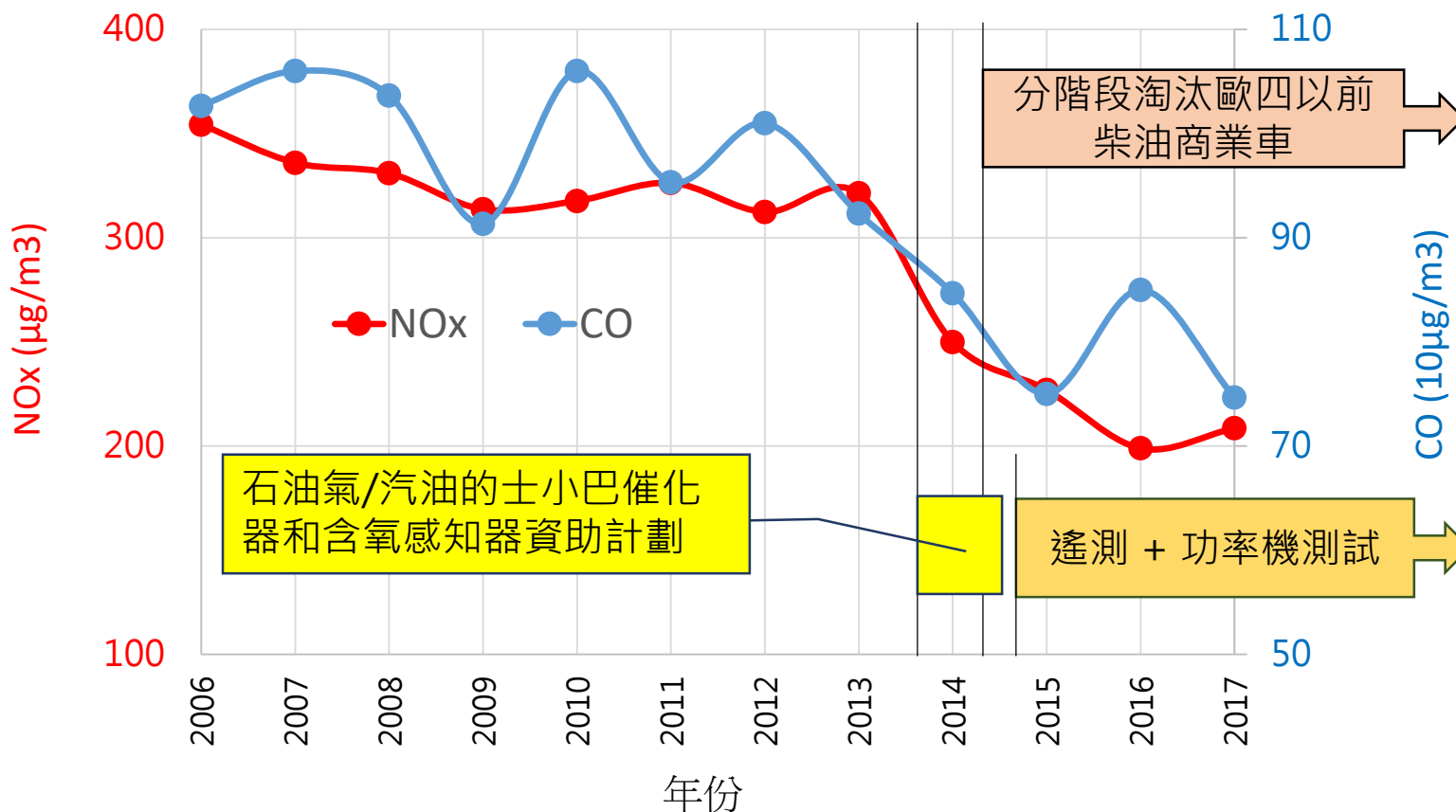


- 柴油
- 柴油 / 石油氣

- 私家車
- 電單車
- 貨車
- 的士
- 非專營公共巴士
- 專營公共巴士
- 公共小巴
- 私家小巴

# 車輛減排措施成效

# 路邊監測站空氣質素趨勢



銅鑼灣、中環、旺角路邊監測站年度平均值

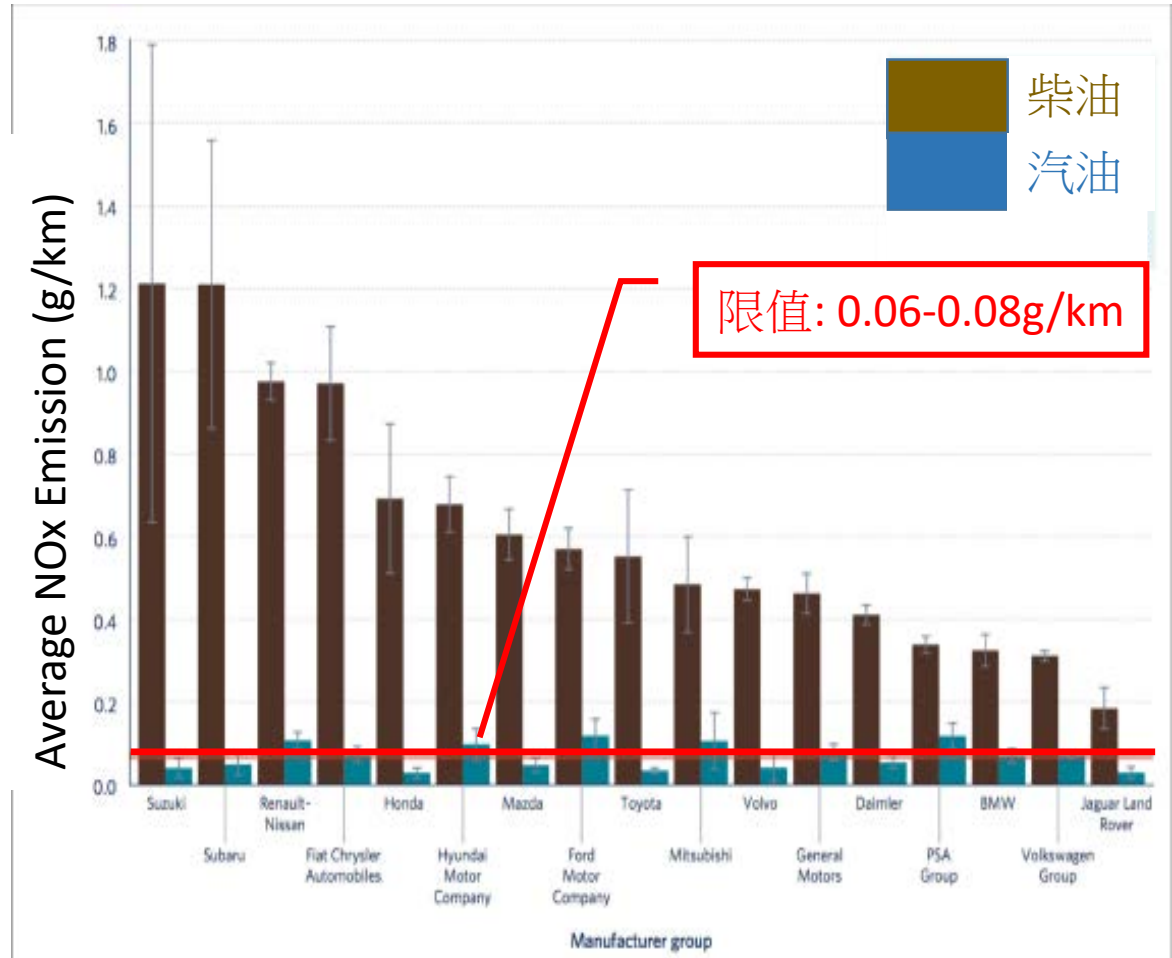
柴油車NO<sub>x</sub>排放問題嚴峻

遙測可望針對問題

# 柴油車NOx問題嚴峻 – 外地數據

International Council on Clean Transportation (ICCT) 整合數以萬計在外地測試的遙測數據，在「2018香港車輛尾氣遙感監測座談會」中發表右圖：

柴油私家車在真實路面NOx排放超標情況，遠比汽油車嚴重



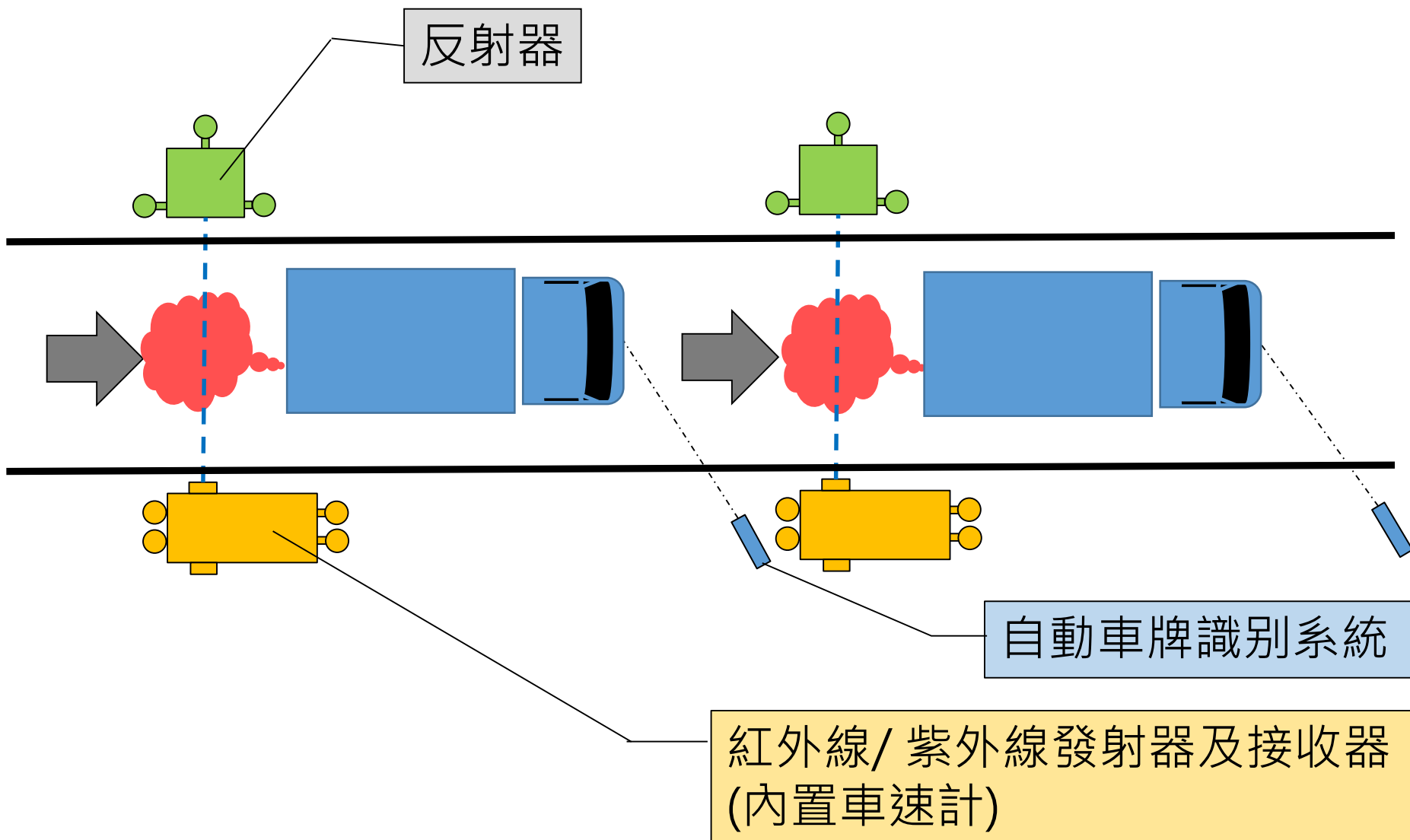
Manufacturer Group 廠家



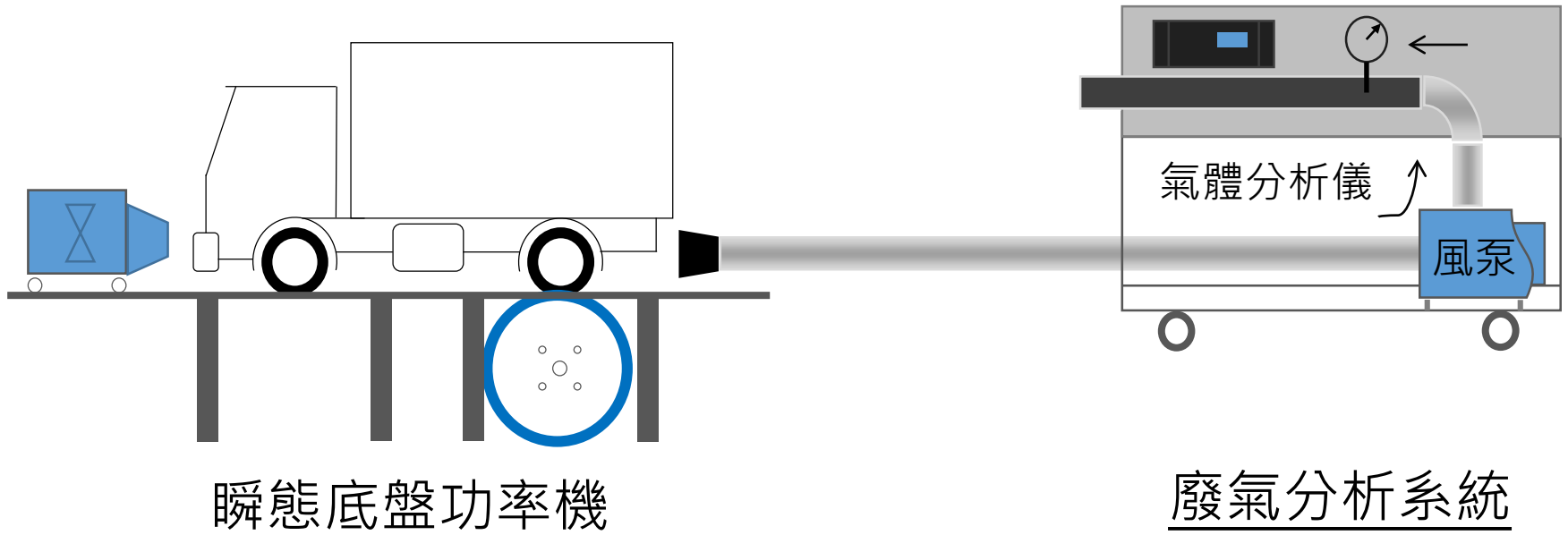
# 遙測柴油車廢氣的挑戰

- 汽油及石油氣車的CO<sub>2</sub>濃度不變，但柴油車的CO<sub>2</sub>濃度跟隨引擎負載改變，用於汽油及石油氣車的遙測方法不可直接在柴油車使用
- 先進柴油引擎NO<sub>x</sub>濃度低，要求遙測儀器高靈敏度
- 若干柴油車的排氣喉出口在車底，要求遙測儀器軟件有特別分析數據能力

# 柴油車路邊廢氣遙測設備



# 柴油瞬態功率機測試

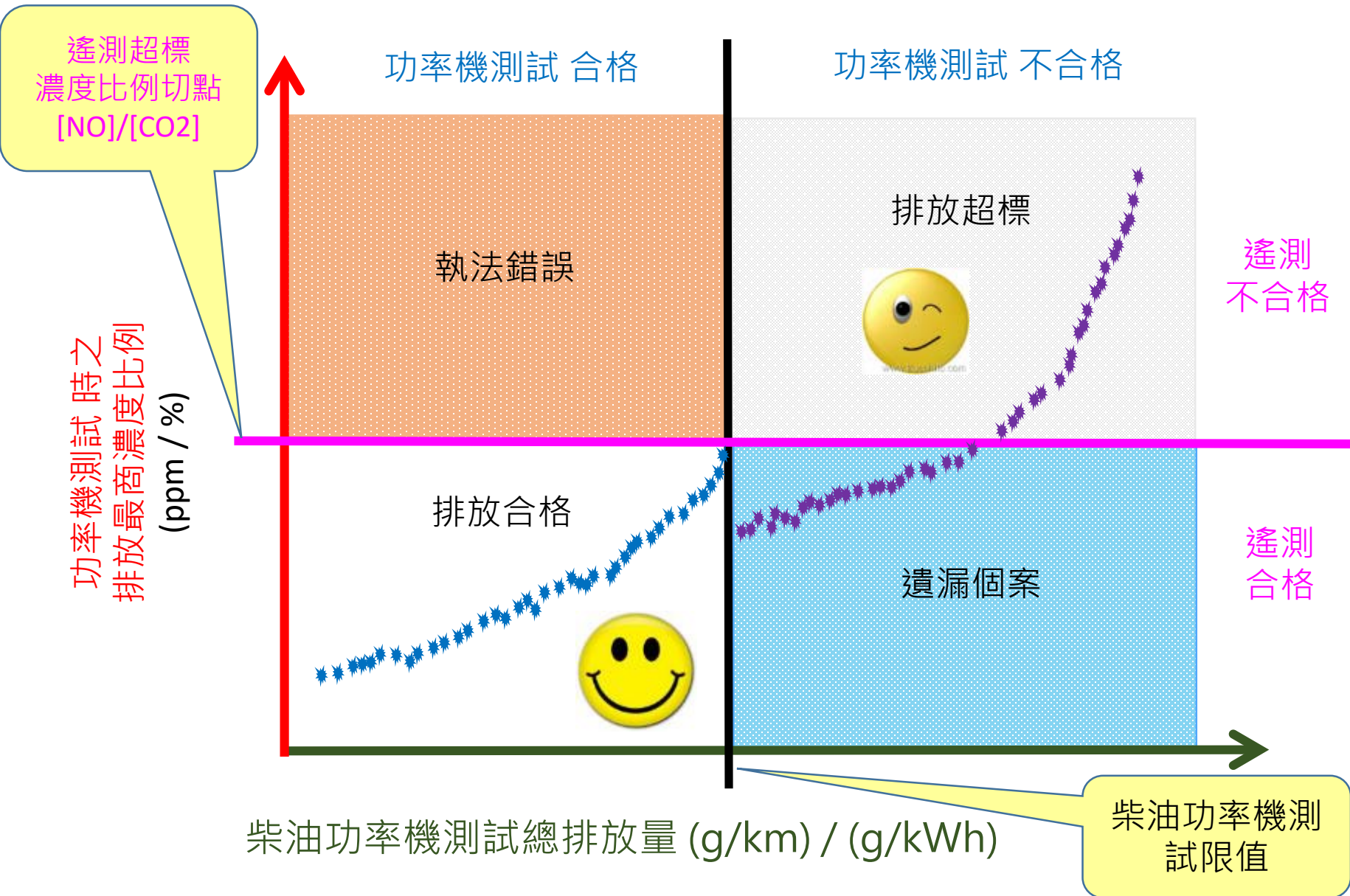


- 類似測試汽油及石油氣車輛底盤式功率機
- 行駛瞬態工況
- 跟現行測試煙度的底盤功率機不同

# 遙測柴油車廢氣原理

- 遙測設備量度廢氣排出及擴散後的廢氣濃度比例:  $\frac{[HC]}{[CO_2]}$ ,  
 $\frac{[CO]}{[CO_2]}$ ,  $\frac{[NO_x]}{[CO_2]}$
- 柴油車在類型審批時，同樣作功率機排放測試，輕型柴油車跟重型柴油車排放測試時的儀器及方法都不同，總排放量量度單位分別是g/km及g/kWh
- 只須確立廢氣最高濃度比例  $\frac{[NO_x]}{[CO_2]}$  與功率機測試總排放量 (g/km 或 g/kWh)的關聯，便可制定柴油車廢氣濃度比例切點，原理跟汽油及石油氣車一致

# 遙測濃度比例切點制定 – 柴油車

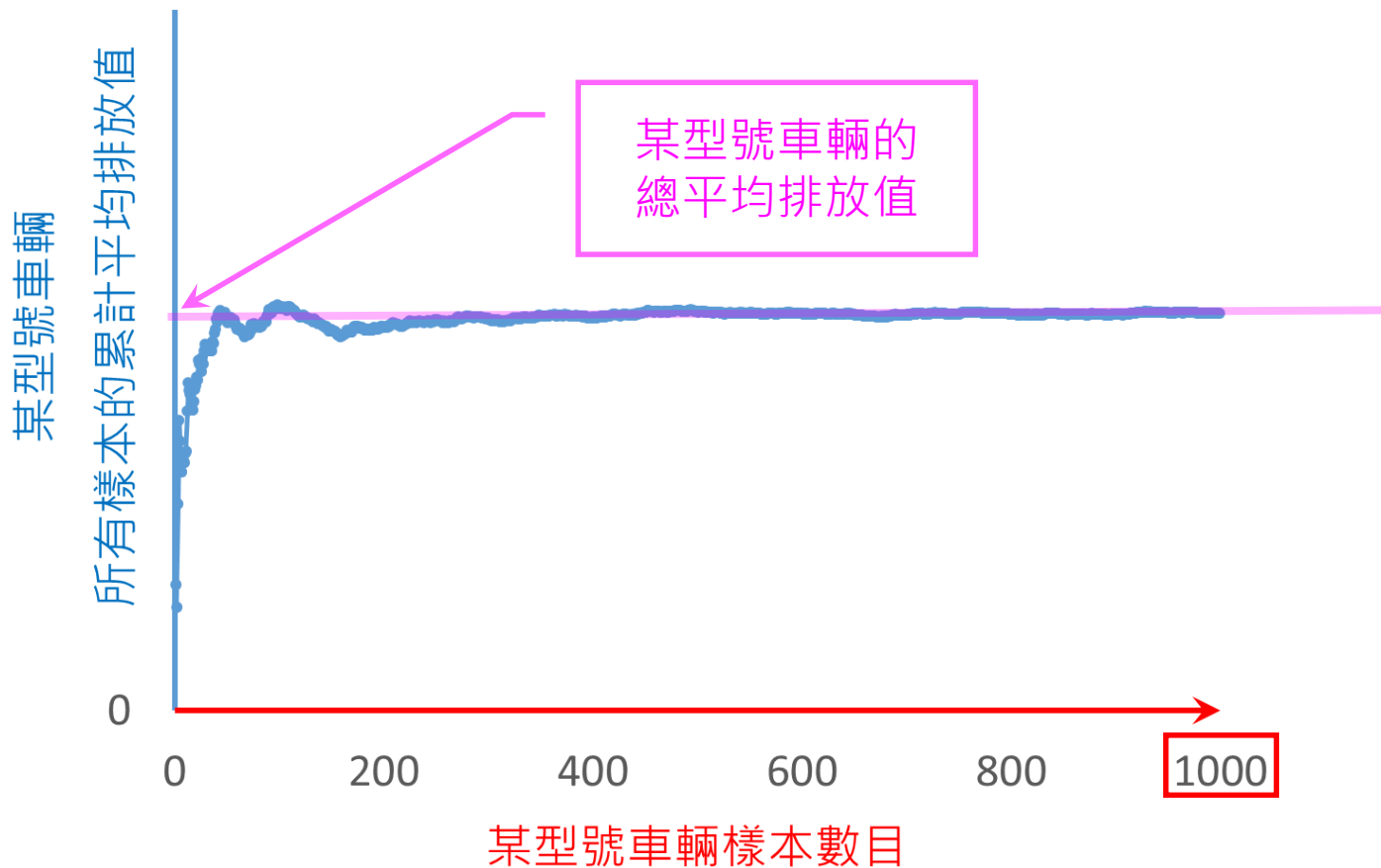


# 技術結論

- 少量高排放的車輛，是主要的空氣污染源
- 檢測NO<sub>x</sub>不能用簡單的怠速廢氣檢測，需要較昂貴的功率機測試
- 極大多數的私家車排放達標，所以不應該要每輛私家車定期進行功率機測試
- 頻密隨機的遙測可高效地篩選少量但高排放的車輛，作進一步功率機測試
- 遙測只會容忍遺漏高排放車輛，但絕不會對低排放車輛錯誤執法
- 排放超標車輛的車主以用者自付型式繳付測試費用，對排放達標車輛運作完全沒有影響
- 以遙測管制柴油車排放基本上可行，設備現時在研發階段

# 遙測的其他用途

# 遙測可評估特定車輛型號平均排放表現

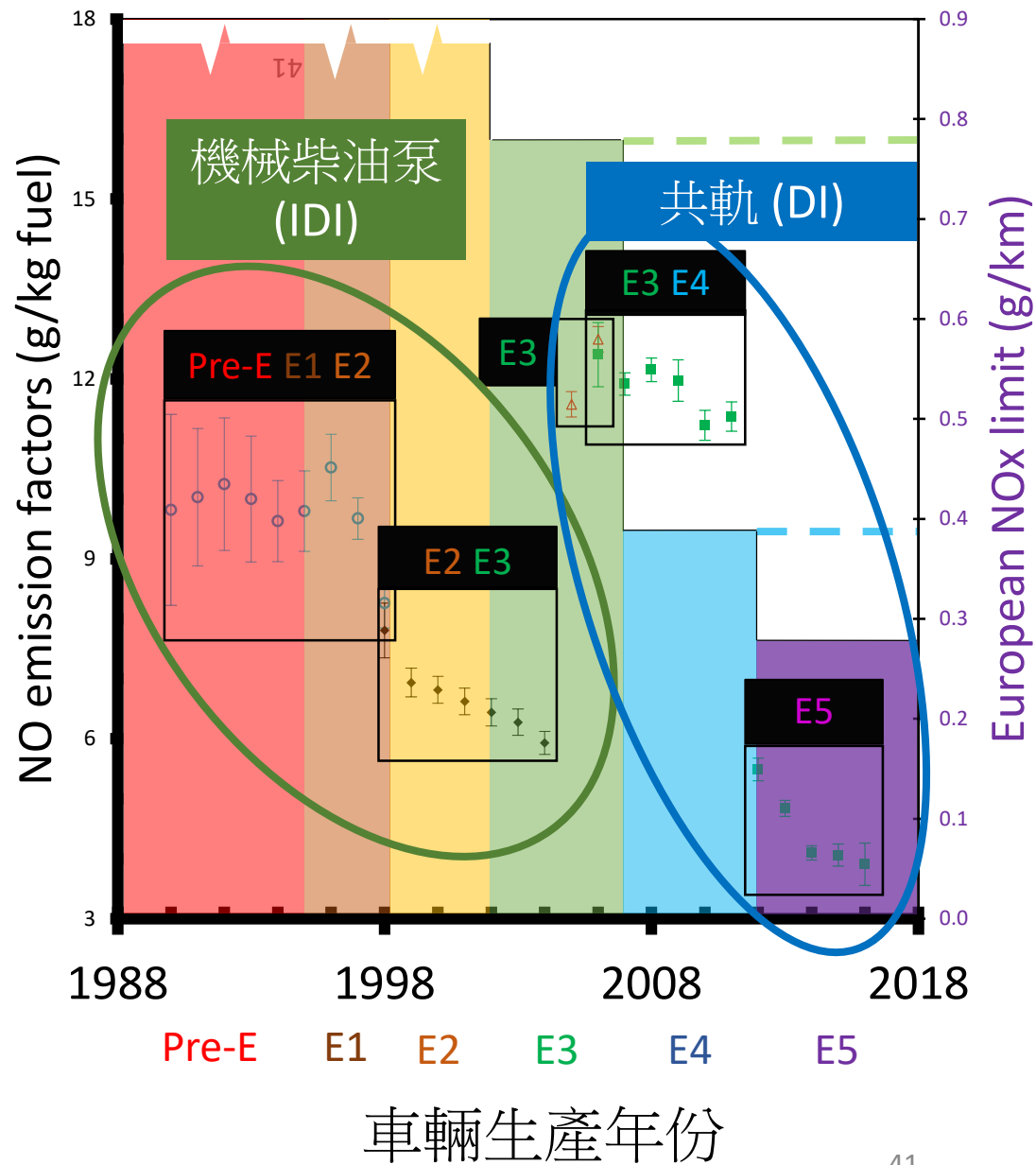


遙測獲得大量路邊真實數據後，篩選某一型號車輛的排放數據，當這型號車輛**樣本數目**越大(> 1,000)，**所有樣本的累計平均排放值**會越趨近**真正的總平均排放值**，原理是數學上的『大數定律』



# 遙測顯示不同年代某型號柴油車的路邊真實排放

- 4/2014 - 4/2017 期間，香港遙測量得 >280,000 個有效柴油車數據
- 顯示某品牌同型號客貨車，Euro 4 型號NOx 排放比 Euro 2、3同型號還高，顯示早期共軌技術未成熟



# 總結

以遙測配合功率機測試管制在用車排放

公平可靠、成效顯著



怠速測試與功率機測試

功能不同

# 怠速測試 (High Low Idle Test)

- 簡單、快速、測試費用低，適合作為最基本的快速廢氣測試
- 與類型審批排放測試關聯性低
- 不適合用於檢測NO<sub>x</sub>
- 如遙測篩選出的超標車輛以怠速測試作排放評核，可能引致錯誤執法，亦無助解決NO<sub>x</sub>問題

# 功率機測試

- 現時汽油及石油氣車功率機測試費用:\$620，需時~20分鐘
- 由於排放超標的私家車比例非常低，如年檢中每輛私家車都進行功率機測試，極大部份車輛排放將會達標，但這些車主卻要付出額外測試費用及時間
- 遙測保守地篩選出極小部份排放超標車輛進行功率機測試，沒有影響排放達標車主，乎合用者自付原則



多謝

