

# 以尿素溶液取代氨水或液氮運用於選擇性 觸媒還原法(SCR),脫硝系統(DE-NOx)

\*羅成信

## 摘要

過去尿素溶液可以取代氨水或液氮用於燃燒廢氣脫硝技術上、只限於高溫反應的情況，溫度為 $1800^{\circ}\text{F} \pm 200^{\circ}\text{F}$ 最適合，即一般所謂的SNCR法或稱選擇性非觸媒還原法。但對於較低溫的情況如以尿素代替氨水或液氮於SCR上，反應溫度在 $660^{\circ}\text{F}$ 或 $350^{\circ}\text{C}$ 左右則因為尿素轉成氮的轉換率及副產品的問題一直沒有一種簡單可行的技術，因此一直無法被工業界採用，本文的報導乃針對此問題，NALCO FUEL TECH公司已成功發展出一套簡單的加藥控制設備，成功的克服了尿素轉換器設備昂貴、系統背壓增加和反應副產品的問題，將可大量使用於工業界。

### 【關鍵字】

1. 選擇性觸媒還原法(selective catalytic reduction (SCR))
2. 脫硝系統(de-NOx)
3. 熱分解(pyrolysing)
4. 沸石觸媒(zeolite catalyst)

---

\*荷蘭商鈉可環保科技股份有限公司台灣分公司總經理

## 一、前　　言

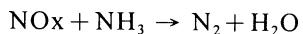
長久以來，液氮或氨水是用於脫硝技術(de-NOx)上，選擇性觸媒還原法(SCR)還原劑的最佳選擇，而SCR脫硝方法，在過去二十年中亦廣泛的被採用於必須去除NOx達60%以上的燃燒系統。但隨著世界環保要求的日趨嚴格，由於越來越多的工廠使用液氮或氨水，使得液氮或氨水在運輸及貯存的問題，越來越受到大家重視。在美國聯邦政府的檔案，過去二十年中，由於液氮或氨水的意外已造成25人死亡，602人受傷。在美國的國家職業安全與健康協會有這樣的敘述：ammonia（氨）的濃度超過500 PPM時，會立即造成人體生命或健康的危害。

ammonia是一種無色、不可燃但有辛辣臭味的氣體，濃度高時對人的眼睛、鼻、喉及肺等呼吸器官會造成嚴重的傷害，接觸到皮膚時會造成嚴重灼傷。因此，在美國、德國及我國都有很嚴格的設置要求，尤其靠近人口密集的地方，如學校、旅舍和民房等處，因此越來越多的需要尋求可取代液氮或氨水於SCR脫硝方法的代替化學品。

選擇性觸媒還原法(selective catalytic reduction, SCR)，是為大家熟知的減少因燃燒產生的氮氧化物(NOx)的方法，尤其使用在柴油引擎的排氣脫硝處理。因為柴油引擎的燃燒過程會產生1200 ppm至1700 ppm as 13% O<sub>2</sub>的氮氧化物，而排氣溫度在350°C ~ 450°C間，其它脫硝技術如選擇性非觸媒還原法(selective non-catalytic reduction,SNCR)無法運用其上，低氮燃燒改良法也不適合。因減少50%的氮氧化物，引擎效率會減少5%以上。

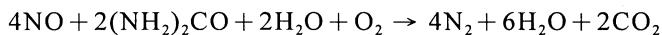
## 二、還原劑

使用於SCR方法的原劑有許多種，但由於經濟上的理由，最普通使用的還原劑為(NH<sub>3</sub>)，其化學反應為在觸媒的作用下，氮氧化物與氨反應成氮氣及水。



不過由於液氨或氨水皆為毒性很強的危險性藥劑，無論貯藏、運輸或使用過程都要非常小心及防護。在此種考量下，尿素成為最佳的代替品。

尿素是完全無害、無毒的化學品，在上述觸媒及溫度範圍的反應條件下，與氮氧化物作用產生氮氣、水及二氧化碳。



在實用上，一般使用20%至40%的尿素溶液注入SCR系統，尿素在溫度為160°C分解，轉換成氨氣及二氧化碳。但在熱分解(PYROLYSING)轉換過程中，溫度及壓力要控制很好，否則會產生一些副產物，如diuret( $\text{C}_2\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_2$ )，melamine( $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_6$ )，cyanuric acid( $\text{C}_2\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$ )，isocyanic acid (HNCO)及nitrous oxides( $\text{N}_2\text{O}$ )等。

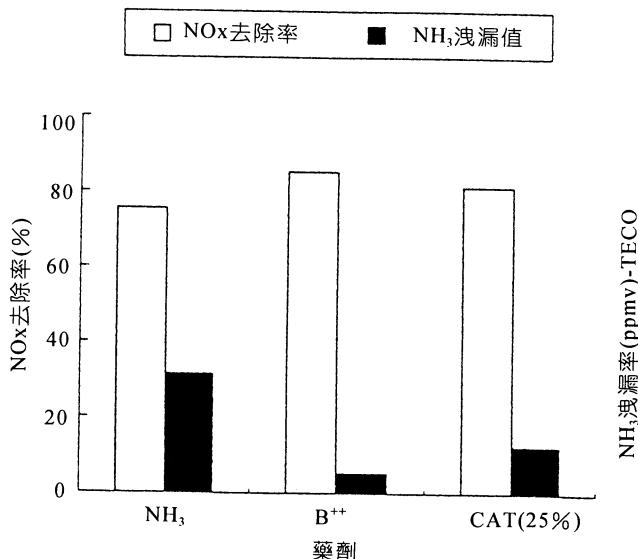
### 三、實例

在過去幾年中，有很多人研究如何使尿素熱分解過程在實用上能得到最好控制而不會產生其它不需要的副產品。有些廠商運用高溫高壓反應器或在煙道內多加一裝置增加轉換時間，但前者設備昂貴且操作、保養不易，後者對系統產生相當高的背壓(如7~9吋水柱)皆不是很理想。美國NALCO FUEL TECH公司經多年的改良已經克服上述技術困難而發展一套簡單的加藥系統，可以成功的將尿素溶液中的尿素轉換成 $\text{NH}_3$ 而有沒有其它副產品，在美國加州實用於2,000 HP引擎上得到下列效果：

表1 在同當量藥品添加量下，加氨水與尿素溶液的脫硝效能比較表

	使用前	加氨水	加NFT藥劑	藥劑停用後
馬力	1,886	1,868	1,838	1,800
NOx ppm	2,466	497	431	2,573
Oxygen %	9.88	9.83	9.74	9.93
NOx ppm @15% O <sub>2</sub>	1,321	265	228	1,283
NOx去除率，%	—	80%	83%	—

此系統原來使用ammonia，去除率要求為80%，在改裝了NFT的加藥系統後，加注同樣數量的尿素溶液後，得到83%的去除率，同時NH<sub>3</sub> SLIP比使用AMMONIA時更少。參考圖1 CAT 25%部份，此時尿素溶液為25%，另外NFT亦試用其它配方的還原劑B<sup>++</sup>也得到很好，甚至更佳的效果，證明NFT的加藥系統完全能將尿素等還原劑成功的轉換成ammonia，並在與觸媒的反應上得到更好的利用率，因此NH<sub>3</sub> SLIP可以減少且沒有副產品產生。如表1、圖1所示。



\*氨水及尿素溶液注入量為同樣當量樹

圖1 在同當數藥品添加量下，脫硝效率與氨氣洩漏值(NH<sub>3</sub> SLIP)比較表

#### 四、觸媒

觸媒的選擇上，一般市面販售的觸媒有很多種，大致分為兩大系列

(1)ZEOLITE(沸石)

(2)METAL(金屬)如 $V_2O_5/TiO_2$ 

以上兩系列觸媒皆適用作尿素溶液的脫硝系統上，使用者可依觸媒廠商提供的資料配合系統的操作及溫度做選擇。一般而言，ZEOLITE有較寬廣的反應溫度區，適用於溫度較高的廢氣處理，如 $300^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ ，而METAL類觸媒則較適用於 $300^{\circ}\text{C} \sim 400^{\circ}\text{C}$ ，尤其在 $350^{\circ}\text{C}$ 左右最好。如圖2所示。

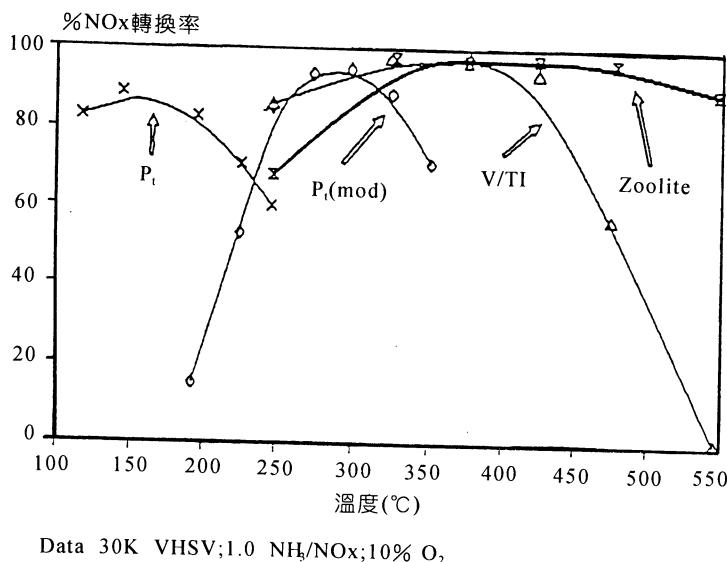


圖2 不同化學成份之選擇性觸媒及最佳反應溫度範圍的比較

## 五、結論

由於氨的毒性及危險性，以尿素取代氨使用於SCR的脫硝系統上，已越來越受重視。尤其尿素溶液使用技術的突破且在還原劑成本上比使用氨水便宜，因此，在一些較小型的SCR系統上或大型SCR系統但還原劑用量不大的情況，使用尿素溶液代替氨的使用已成為一個必然的方向，將來如因安全的考量（如在美國），大型SCR系統以尿素取代氨也是可能。

## 參考資料

1. SELECTIVE CATALYSTIC REDUCTION OF NO<sub>x</sub> USING ZEOLITEIC CATALYSTS FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS by J. W. Byrne, J. M. Chen and B. K. Speronello, Elsevier Science Publishers b.v. 1991.
2. SCR RESEARCH ON A TWO-STROKE HFO ENGINE by J. Vollenweider, A. Eyres and R. P. Holbrook, Marine Management(Holdings) Ltd., 1994.
3. UREA ENHANCES SAFETY IN SCR APPLICATIONS by Si Noroozi, Fluor Daniel, Power Engineering/Dec., 1993.
4. DEMONSTRATION OF IMPROVED NO<sub>x</sub> CONTROL TECHNOLOGY USING SAFER ALTERNATIVE REAGENTS WITH SCR SYSTEM ON SOCAL, 1995 by Bill Flower, Dong Kirk.