

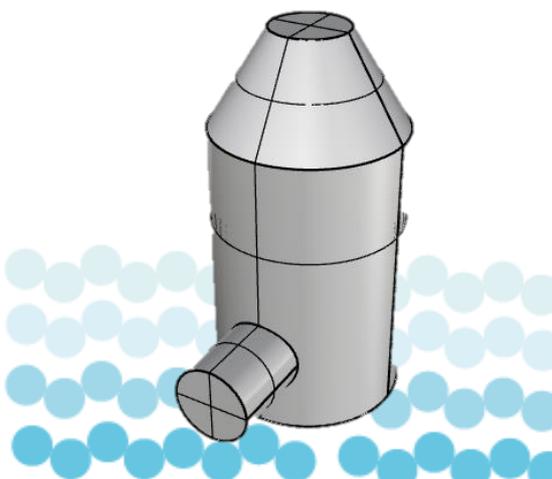
排煙脫硫器內部流場之探討

修船工廠(船體工場) 蔣記恩

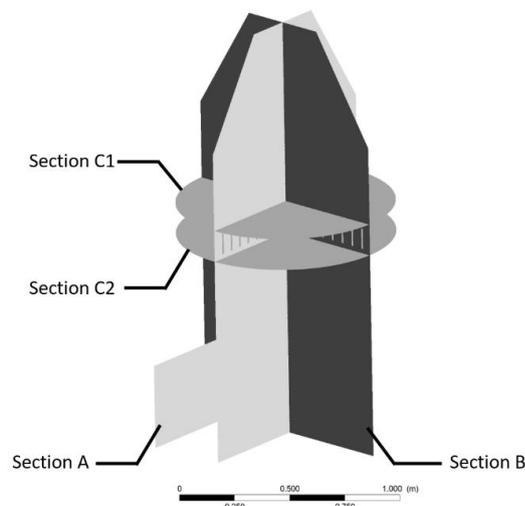
本章節針對脫硫器內部模擬後所得之流場與壓力分佈進行討論，進而了解脫硫器內部氣體流動與渦流分布之情形，以及所延伸之內部之壓力變化。

1.模型建置

本文利用 3D 電腦輔助繪圖軟體 Rhino-3D，進行幾何建模，在 CFD 中，幾何建模的處理僅需要繪製實際參與模擬之流域如圖(1)所示。在本文，利用穩態初步模擬脫硫器內之流場變化，其中包括內部整流板對於整體脫硫器內流場之影響。其中，脫硫器之基本尺寸如表(1，入口及出口之管路外徑均為 0.5m，而脫硫塔本身外徑為 1m 整體脫硫塔總高為 2m，主要變數有脫硫塔高度、模塊高度，詳如表 2 所示。此分析中為一管內流，故去除外部零件，僅包括脫硫器內部之觸媒模塊，如錯誤! 找不到參照來源。(2)。其中觸媒模塊之下緣距脫硫塔之底部為 1 m，而觸媒模塊本身高度為 0.2m。



圖(1)脫硫器之 3D 建模圖



圖(2)脫硫器模型立體圖

表(1)脫硫器之幾何參數比較表

D_i	入口直徑	0.5m
D_o	出口直徑	0.5m
D_s	脫硫器之外徑	1m
H_t	脫硫器總高	2m
H_s	脫硫桶高	1.5m
H_f	模塊厚度	0.1m

表(2)脫硫器之主要變數表

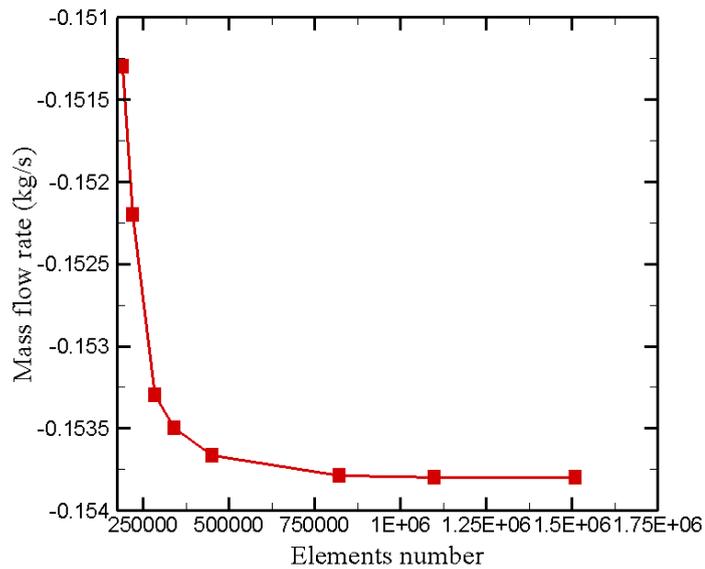
脫硫器高度(m)	2	2.5
模塊格柵之高度(m)	0.2	0.4

2.網格處理(Meshing)

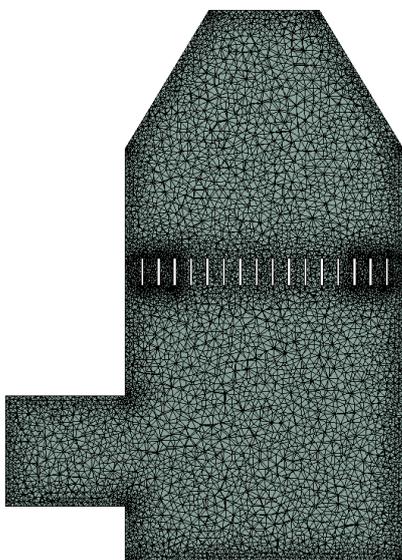
在網格處理中，主要分為六面體的結構網格(Structured grid)以及四面體的非結構網格(Unstructured grid)，結構網格有網格鋪設快速，品質穩定，較少的求解時間等優點，而非結構網格則是在模型較為複雜時較易於鋪設，同時也能確保網格品質。本模擬因為流場外型幾何較為複雜，故將使用非結構網格進行鋪設。圖(3)為脫硫器出口之質量流率隨網格數之變化圖，因出口氣體向外流出，故 Y 軸質量流率以負號表示，由圖(3)可以觀察到，出口之質量流率在網格數 $8.46E+05$ 以達收斂，故本數值模擬網格採用 $8.46E+05$ 之網格數來進行往後之分析。而圖(4)為脫硫塔整體網格分布情形，在模塊附近的網格分布如圖(5)所示。

在本文中，僅針對其流場變化，並無探討其內部之化學變化，故選擇密度相似之空氣作為分析時之工作流體。在本文中，雷諾數為 $6.97E+04$ ，一般而言，當管內流之雷諾數大於 4000 則流體之運動狀態將轉為紊流。此模擬中，將選用

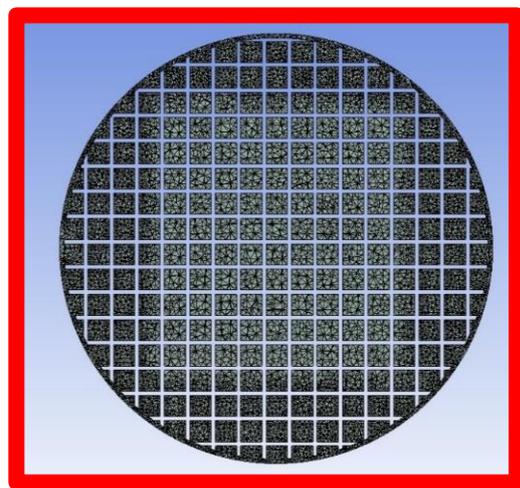
Standard k-ε 紊流模組進行求解。



圖(3)網格獨立圖



圖(4)網格分布圖



圖(5)網格加密圖

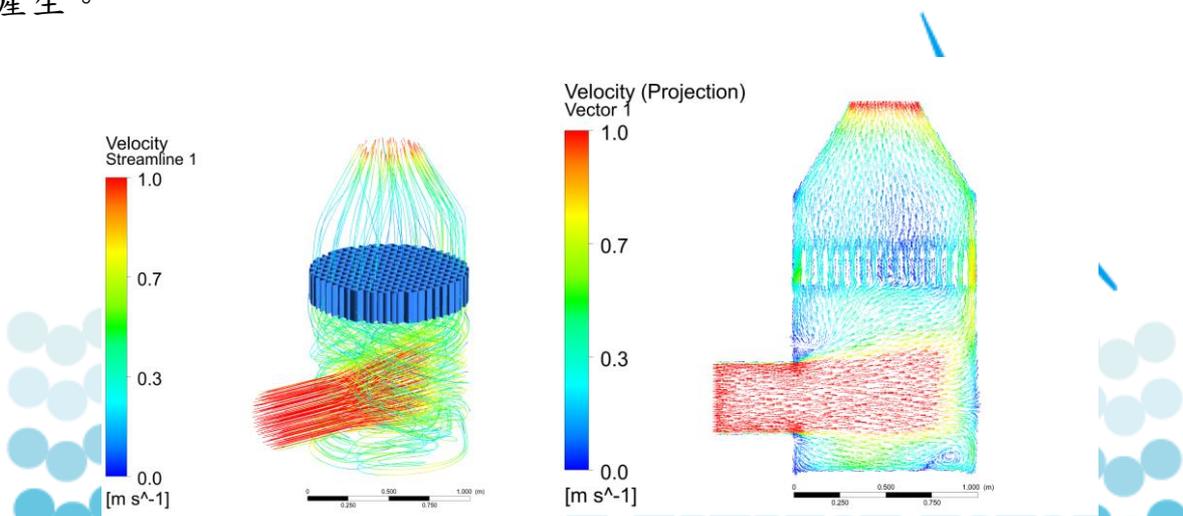
在數值模擬的設定中，邊界條件是非常重要的環，本文在脫硫器之數值模擬中，需要設定其入口之初始流速、出口之壓力以及流道邊界。其邊界條件設定之給定值如初始速度 $V_{inlet}=1\text{ m/s}$ ，出口錶壓力 $P_{outlet}=0$ 其管壁以及導流板均為

無滑移條件(No-slip condition)，使其在接近壁面時之流速均為零，以貼近真實情況。

3.脫硫器內部流場與壓力分析

首先針對脫硫器高度 2m，模塊格柵厚度為 0.2m，流體入口速度為 1m/s 時，進行流線、速度與壓力分布情形之討論。圖(6)為脫硫器流線場立體分布圖，排煙由入口進入脫硫器內立即產生明顯且強烈旋轉渦流而且速度下降，然後由下而上通過模塊格柵，往出口方向呈現平滑流動，最後在出口流道收縮，使其流速加速情形。

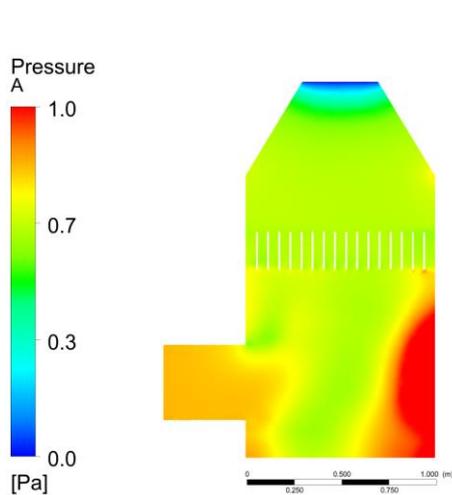
圖(7)為 Section A 剖面之速度向量分佈情形，由圖顯示當流體由入口剛進入脫硫器時速度較快，直至流體往脫硫器入口處對向側艙壁時，速度逐漸減少且流體分散往上方模塊格柵通過，通過時模塊格柵中心區域流速更為減少，相較於中心處，模塊周圍與艙壁交界處流體速度較快，最後流體往上方出口處逐漸收縮，流速也隨之增加。此外，亦發現在入口處上緣及對向側下緣有明顯的小區域性渦流產生。



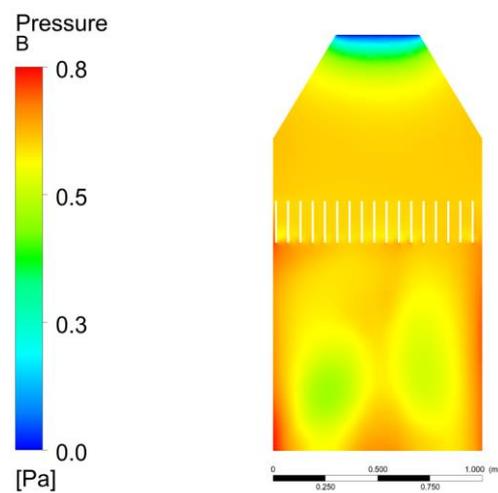
圖(6)脫硫器流線場立體分布圖

圖(7) 在Section A之速度向量分佈情形

脫硫器內部Section A壓力分佈情形如圖(8)所示，可以發現於入口處管道壓力較高，而脫硫器中間下方處壓力較低，而入口對向側因流體受阻於船壁，可觀察到壓力較其他區域高，往上觀察模塊區域壓力平均分佈，往出口處流道因收縮使流體壓力減少。而在Section B之壓力分佈情形如圖(9)所示，其中在下方兩側有環狀低壓區，最主要是受到流體進入脫硫塔後呈現擴散狀況而呈現低壓，兩側邊緣之流體壓力有明顯上升情形，如同預期，通過格柵後壓力分佈呈現均化。



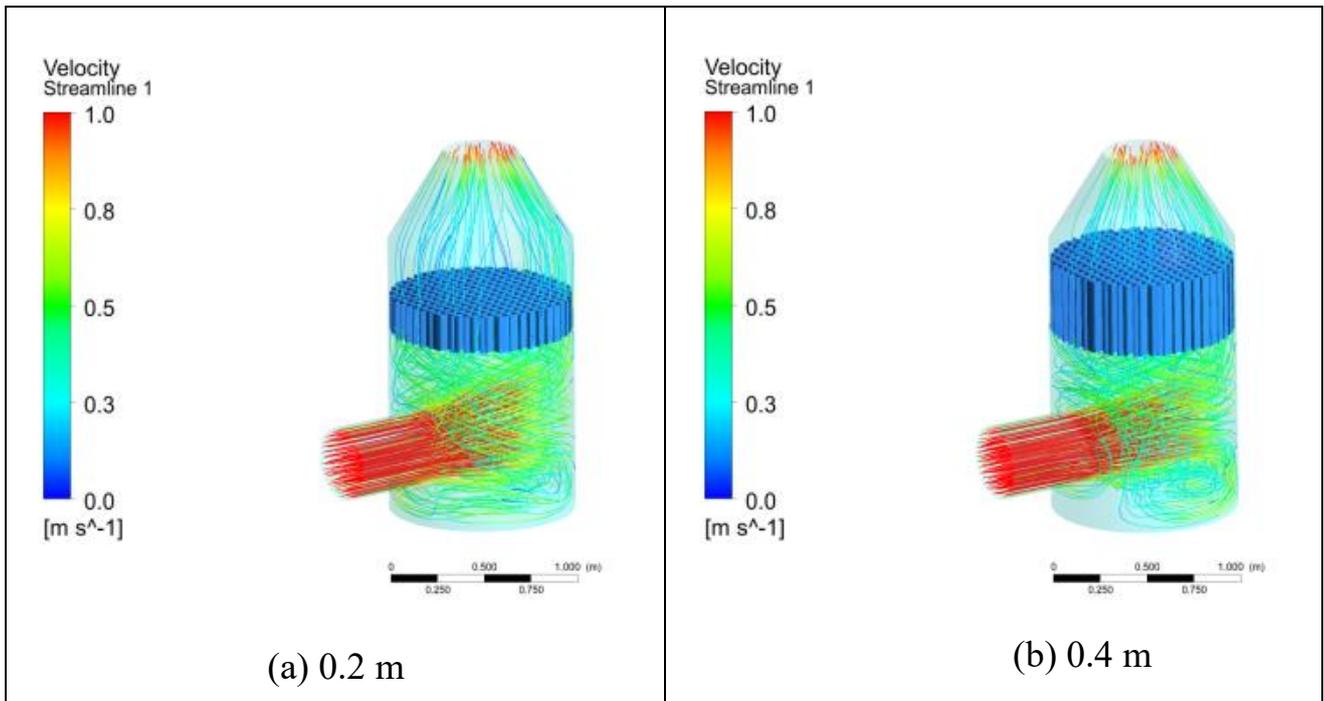
圖(8) 在Section A之壓力分佈情形



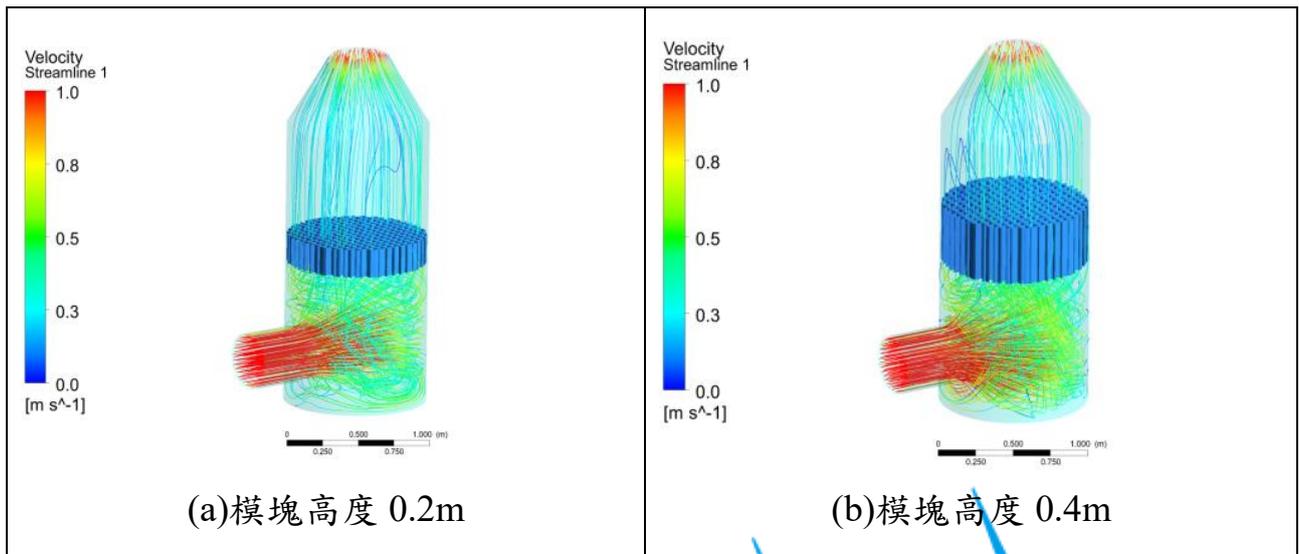
圖(9) 在Section B 之壓力分佈情形

4.觸媒模塊高度之影響

在脫硫器高度為 2.0m 及 2.5m 時，以觸媒模塊高度為 0.2m 及 0.4m 的條件下，分別模擬流線場立體分佈情況，如圖(10ab)及圖(11ab)所示。在下方的流場分布情形兩者相似，但觸媒模塊高度為 0.4m 其流線分布呈現較 0.2m 觸媒模塊為絮亂的情形，此外，圖(10a)及(11a)中顯示觸媒模塊為 0.2m 時，以發揮良好之整流效果，使得其觸媒模塊上方之流場達均勻穩定之情況，隨著模塊高度之增加，模塊上方之流線更顯均勻，如圖(10b)及圖(11b)所示。



圖(10) 高度 2.0m 脫硫器之觸媒模塊分別為 (a)0.2m 及(b)0.4m 內部流線圖



圖(11) 高度 2.5m 脫硫器之觸媒模塊分別為 (a)0.2m 及(b)0.4m 內部流線圖

