

## 第五章 網格的建立

### 5.1 網格的建立

在本章節中，我們將說明在本研究中建立計算網格的方式。

#### 5.1.1 Y 型分歧管的網格建立

Y 型分歧管的幾何造型及網格分佈分別如圖 5.1 和 5.2 所示，圖 5.1 中已將 Y 型分歧管的上半部流道分成四個區塊(section 1~4)，以方便說明網格的建立。以線段 GI 為對稱中心線，上下半部流道在幾何尺寸和網格分佈上，呈現完全對稱。Y 型分歧管幾何尺寸如下(參圖 5.1)：

1. 上半部流道入口寬度  $d_{in}=a/2=1$ 。
2. 流道夾角  $\theta$  為 45 度。
3. 線段  $AB=NO=2$ 、線段  $BC=OP=0.5$ 。
4. 下游流道寬度  $d_{out}$ ，其長度則依所研究之下游流道寬度而定。
5. 線段  $EF=JK=LM=QR$ ，其長度為當計算最大雷諾數時，約為所產生總迴流長度之兩倍，以使其下游流場逐漸接近完全發展流。
6. 線段  $CE$  和  $PQ$  會隨著下游流道寬度  $d_{out}$  的不同而改變，其長度約為 1~2 之間。
7. 線段  $IJ=IL=CE+(BH/\sin\theta)-(FK/\tan\theta)$ 。
8. 線段  $HI=BC+(FK/\sin\theta)-(BH/\sin\theta)\cdot\cos\theta$ 。

為了方便說明，Y 型分歧管網格數的代號如下：

- a. 在 section 1 (A B H G) 中，沿 X 方向的網格數為  $nx1$ 。
- b. 在 section 2 (B C I H) 中，沿 X 方向的網格數為  $nx2$ 。
- c. 在 section 3 (C E J I) 中，沿 X' 方向的網格數為  $nx3$ 。

d. 在 section 4 (E F K J)中，沿 X'方向的網格數為 nx4。

在計算範圍流道中，沿著流道截面方向(Y 和 Y')之網格數皆為 ny。

在網格分佈方面，其說明如下(參圖 5.2)：

1. 在 section 2 之中，沿 X 方向的網格是採均勻分佈。在線段 BC 上平均分成 nx2 個小段，在線段 HI 上亦平分成 nx2 個小段，然後由線段 BC 和線段 HI 上的每一小段兩兩相互對應拉線，形成所需之間隔，如圖 5.2 所示。
2. 在 section 3 之中，沿 X'方向的網格也是採均勻分佈。在線段 CE 上平均分成 nx3 個小段，在線段 IJ 上亦平分成 nx3 個小段，然後由 CE 和 IJ 上的每一小段兩兩相互對應拉線，形成所需之間隔，作法與 section 2 相同。
3. 在 section 1 之中，沿 X 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈。以(BC/nx2)為最小間格，從線段 BH 開始向線段 AG 採等差級數擴大，如圖 5.2 所示。
4. 在 section 4 之中，沿 X'方向的網格也是採非均勻的等差級數分佈。以(CE/nx3)為最小間格，從線段 EJ 開始向線段 FK 採等差級數擴大，如圖 5.2 所示。
5. 在 section 1 和 section 2 之中，沿 Y 方向的網格是採均勻分佈。
6. 在 section 3 和 section 4 之中，沿 Y'方向的網格也是採均勻分佈。

### 5.1.2 T 型分歧管的網格建立

T 型分歧管的幾何造型及網格分佈分別如圖 5.3 和 5.4 所示，本文亦將 T 型分歧管的流道分成四個區塊(section 1~4)，以方便說明網格的建立。直角 T 型分歧管幾何尺寸如下 (參圖 5.3)：

1. 入口處流道寬度  $W_{in}=a=2$ 。

2. 線段  $AB=IJ=2.5$ 。
  3. 線段  $BC=DE=FG=HI$ ，其長度為當計算最大雷諾數時，約為所產生總迴流長度之兩倍，以使其下游流場逐漸接近完全發展流。
  4. 下游流道寬度  $d_{out}$ ，其長度則依所研究之下游流道寬度而定。
- 為了方便說明，直角 T 型分歧管網格數的代號如下：

- a. 在 section 1 (A B I J) 中，沿 X 方向的網格數為  $nx1$ 。
- b. 在 section 3 (F G H I) 中，沿 Y 方向的網格數為  $ny3$ 。
- c. 在 section 4 (B C D E) 中，沿 Y 方向的網格數為  $ny4$ 。
- d. 在 section 1 和 section 2 (B E F I) 中，沿 Y 方向的網格數為  $ny$ 。
- e. 在 section 2, section 3 和 section 4 中，沿 X 方向的網格數為  $nx$ 。

在網格分佈方面，其說明如下（參圖 5.4）：

1. 在 section 1 之中，沿 X 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈。以 0.05 為最小間格，從線段 BI 開始向線段 AJ 採等差級數擴大，如圖 5.4 所示。
2. 在 section 4 之中，沿 Y 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈。以 0.05 為最小間格，從線段 BE 開始向線段 CD 採等差級數擴大，如圖 5.4 所示。
3. 在 section 3 之中，沿 Y 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈。以 0.05 為最小間格，從線段 IF 開始向線段 HG 採等差級數擴大，如圖 5.4 所示。
4. 在 section 1 和 section 2 中，沿著 Y 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈。以線段 AJ 和 EF 之中點所連成的流道對稱中心線為起點，分別向流道上下方成等差級數縮小，直至壁面為止，其分佈

情形如圖 5.4 所示。而在最靠近壁面處有最小網格間隙 0.05。

5. 在 section 2、section 3 和 section 4 中，沿著 X 方向的網格是採非均勻的等差級數分佈，以線段 CD 和 HG 之中點所連成的對稱中心線為起點，分別向流道左右方成等差級數縮小，直至壁面為止，其分佈情形如圖 5.4 所示。而在最靠近線段 DG 和線段 CH 處有最小網格間隙 0.05。

## 5.2 網格數目對計算結果的影響

網格數目越少，計算時所需花費的時間就越少。由第四章所述得知，本研究所使用之程式已具有相當的準確度；但為了減少計算時所需花費的時間，以使本程式更具時間效益，我們在以下做了些有關網格數目對計算結果的測試，希望能從中找到最佳的網格數。

### 5.2.1 測試一 (Y 型分歧管的網格數目測試)

A. 首先，我們將要分別找出計算 Y 型分歧管具有三種下游流道寬度 ( $d_{out}=2$ 、2.5 和 3) 時，在 Y' 方向所需之最佳網格數  $n_y$ 。在進行以下的測試時，有些參數是固定不變的，而不變的參數如下所示：

1. 流道夾角  $\theta=45$  度，線段  $AB=2$ ，線段  $BC=0.5$ 。
2. 網格數  $n_{x1}=32$ ，網格數  $n_{x2}=n_{x3}=24$ 。

隨著不同的下游流道寬度  $d_{out}$ ，其在測試雷諾數、幾何尺寸及網格數上都要做適當的變動，在以下的表格中，我們將清楚地列出所有變動之參數。

$d_{out}$	線段 CE	線段 EF	網格數 $n_{x4}$	測試雷諾數 Re	所測試之網格數 $n_y$
2	1	60	240	1500	16、18、20、25、30

2.5	1.5	60	240	1000	20、22、25、30、35
3	2	80	260	600	25、28、30、35、40

※ 測試雷諾數的選定，是當測試該流道寬度時，所使用的雷諾數範圍中之最大值。

經過計算後，比較其上方流道內沿著壁面 BC 的表面渦度(Surface Vorticity)之結果如下：

1. 當下游流道寬度 $d_{out}=2$ 時， $n_y$ 在 20 以後，計算的結果已不受 $Y'$ 方向網格數的影響，如圖 5.5(a)所示。故當 $d_{out}=2$ 時， $Y'$ 方向所需之最佳網格數 $n_y=20$ 。
2. 當下游流道寬度 $d_{out}=2.5$ 時， $n_y$ 在 25 以後，計算的結果已不受 $Y'$ 方向網格數的影響，如圖 5.5(b)所示。故當 $d_{out}=2.5$ 時， $Y'$ 方向所需之最佳網格數 $n_y=25$ 。
3. 當下游流道寬度 $d_{out}=3$ 時， $n_y$ 在 30 以後，計算的結果已不受 $Y'$ 方向網格數的影響，如圖 5.5(c)所示。故當 $d_{out}=3$ 時， $Y'$ 方向所需之最佳網格數 $n_y=30$ 。

B. 接下來，我們要進一步尋找當下游流道寬度 $d_{out}=3$ 時，在線段EJ下游，沿著 $X'$ 方向所需之最佳網格數 $n_x4$ 。在計算時，對於幾何尺寸及網格數之設定如下：

1.  $\theta=45$ 度， $AB=2$ ， $BC=0.5$ ， $CE=2$ ， $EF=80$ 。
2.  $n_{x1}=32$ ， $n_{x2}=n_{x3}=24$ ， $n_y=30$ 。
3. 測試雷諾數  $Re=600$ 。

我們分別測試了五種 $X'$ 方向網格數( $n_{x4}=160$ 、180、200、220 和 240)。經過計算後，比較其上方流道內沿著壁面BC的表面渦度之結果，如圖 5.5(d)所示。當 $n_{x4}$ 在 200 以上時，計算的結果已不受 $X'$ 方向網格數的影響。故當 $d_{out}=3$ 時，在線段EJ下游，沿著 $X'$ 方向所需之



最佳網格數 $n_x=200$ 。

### 5.2.2 測試二 (直角 T 型分歧管的網格數目測試)

A. 我們將先要分別找出計算 T 型分歧管具有三種下游流道寬度 ( $d_{out}=2$ 、2.5 和 3) 時，在 X 方向所需之最佳網格數  $n_x$ 。在進行以下的測試時，也有些參數是固定不變的，而不變的參數如下所示：

1. 線段  $AB=2.5$ ，線段  $AJ=2$ 。
2. 網格數  $n_{x1}=36$ ，網格數  $n_y=40$ ，網格數  $n_{y3}=n_{y4}$ 。

隨著不同的下游流道寬度  $d_{out}$ ，在測試雷諾數、幾何尺寸及網格數上也都要做適當的變動，在以下的表格中，我們將清楚地列出所有變動之參數。

$d_{out}$	線段 BC ( $BC=HI$ )	網格數 $n_{y3}$ ( $n_{y3}=n_{y4}$ )	測試雷諾數 Re	所測試之網格數 $n_x$
2	60	240	1500	20、22、25、30、35
2.5	80	240	1100	25、28、30、35、40
3	80	260	800	30、33、35、40、45

經過計算後，比較其上方流道內沿著壁面 BC 的表面渦度之結果如下：

1. 當下游流道寬度  $d_{out}=2$  時， $n_x$  在 25 以後，計算的結果已不受 X 方向網格數的影響，如圖 5.6(a) 所示。故當  $d_{out}=2$  時，X 方向所需之最佳網格數  $n_x=25$ 。
2. 當下游流道寬度  $d_{out}=2.5$  時， $n_x$  在 30 以後，計算的結果已不受 X 方向網格數的影響，如圖 5.6(b) 所示。故當  $d_{out}=2.5$  時，X 方向所需之最佳網格數  $n_x=30$ 。
3. 當下游流道寬度  $d_{out}=3$  時， $n_x$  在 35 以後，計算的結果已不受 X 方向網格數的影響，如圖 5.6(c) 所示。故當  $d_{out}=3$  時，X 方向所需之最佳網格數  $n_x=35$ 。

B. 此外，我們也要進一步尋找當下游流道寬度 $d_{out}=3$ 時，在線段BE和IF下游，沿著Y方向所需之最佳網格數 $ny_3$ 和 $ny_4$ 。在計算時，對於幾何尺寸及網格數之設定如下：

1.  $AB=2.5$ ， $AJ=2$ ， $BC=HI=80$ 。
2.  $nx_1=36$ ， $ny=40$ ， $nx=35$ ， $ny_3=ny_4$ 。
3. 測試雷諾數  $Re=800$ 。

我們分別測試了五種Y方向網格數( $ny_3=ny_4=180$ 、 $200$ 、 $220$ 、 $240$ 和 $260$ )。經過計算後，比較其上方流道內沿著壁面BC的表面渦度之結果，如圖 5.6(d)所示。當 $ny_4$ 在220以上時，計算的結果已不受Y方向網格數的影響。故當 $d_{out}=3$ 時，在線段BE和IF下游，沿著Y方向所需之最佳網格數 $ny_3=ny_4=220$ 。



## 第六章 結果與討論

### 6.1 研究目標說明

本文的研究目標，主要分成兩大類：

1. 針對擴張比大於二，具有三種下游流道寬度( $d_{out}=2、2.5$  和  $3$ )且配合出口邊界條件為無壓差( $P1=P2$ )，來分別計算對稱夾角 45 度 Y 型分歧管和對稱直角 T 型分歧管的流場，並觀察該流場隨著雷諾數變化的情形。
2. 針對擴張比大於二，具有三種下游流道寬度( $d_{out}=2、2.5$  和  $3$ )且配合出口邊界條件為有壓差( $P1 \neq P2$ )，來分別計算對稱夾角 45 度 Y 型分歧管和對稱直角 T 型分歧管的流場，並觀察該流場隨著雷諾數變化的情形。

※Y型管中之擴張比的定義為( $d_{out}/d_{in}$ )，而T型管中之擴張比的定義為  $[d_{out}/(\frac{1}{2}W_{in})]$ 。

隨著不同之下游流道寬度 $d_{out}$ ，Y型分歧管和T型分歧管在計算時所需之流道尺寸及網格數，分別如下表 6.1 和表 6.2 所示。

$d_{out}$	AB	BC	CE	EF	nx1	nx2	nx3	nx4	ny
2	2	0.5	1	60	32	24	24	160	20
2.5	2	0.5	1.5	60	32	24	24	160	25
3	2	0.5	2	80	32	24	24	200	30

(表 6.1)

$d_{out}$	$W_{in}$	AB	BC	IH	nx1	nx	ny3	ny4	ny
2	2	2.5	60	60	36	25	220	220	40
2.5	2	2.5	80	80	36	30	220	220	40
3	2	2.5	80	80	36	35	220	220	40

(表 6.2)



在計算的過程中，我們全部採用中央差分法(即  $\gamma=1$ )來計算所有的結果，並且皆由最小之雷諾數( $Re=50$ )開始計算，然後利用已經算得之較低雷諾數的速度場和壓力場，做為計算較高雷諾數時的初始條件後，再去計算較高雷諾數的流場，且依此類推。

而計算中所使用之固定出口處壓力的方法，請參見 3.3-4 節和 3.4 節中的敘述。在以下的討論中，我們將以 P1 代表下方分支流道出口處之平均壓力值；P2 代表上方分支流道出口處之平均壓力值，請參圖 5.1 和 5.3。

為了方便的討論，我們先做以下的定義：

1. 在 Y 型管中，沿著壁面 CF 和 PR 所產生的迴流，我們稱之為第一迴流；而沿著壁面 IK 和 IM 所產生的迴流，我們稱之為第二迴流。第一迴流的長度定義為 X1；第二迴流的起始點距離定義為 X2；第二迴流的長度定義為 X3。請參圖 6.1。
2. 在 T 型管中，沿著壁面 BC 和 IH 所產生的第一個迴流，我們稱之為第一迴流；而沿著壁面 ED 和 FG 所產生的迴流，我們稱之為第二迴流；沿著壁面 BC 和 IH 所產生的第二個迴流，我們稱之為第三迴流。第一迴流的長度定義為 X1；第二迴流的起始點距離定義為 X2；第二迴流的長度定義為 X3；第三迴流的起始點距離定義為 X4；第三迴流的長度定義為 X5。請參圖 6.2。

有了以上的定義後，接下來將對我們的計算結果進行說明。

## 6.2 計算結果的說明

### 6.2.1 出口處的邊界條件為無壓力差( $P1=P2$ )時的結果

當兩流道出口處沒有壓力差時，我們將 Y 型和 T 型分歧管之兩出口

處的平均壓力固定為零( $P_1=P_2=0.0$ )。經過計算之後，我們得到如下的結果：

1. Y型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.3 所示。
2. T型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.4 所示。

綜合圖 6.3 和 6.4，我們有以下的發現：

- a. 在所測試的下游流道寬度 $d_{out}$ 和雷諾數中，無論是Y型或T型分歧管，在無壓力差的出口條件下，大部分上下分支流道的迴流長度及起始點位置都會相等，故流場皆具有對稱性；但僅在 $d_{out}=2.5$ 和 $d_{out}=3$ 的Y型分歧管中，分別於 $Re=600$ 和 $Re=400$ 之後，出現迴流長度及起始點位置不相等的現象，這些條件下的流場，並沒有對稱性。
- b. 所有的流場皆有第一迴流，且同時出現在上下分支流道中，其主迴流(即第一迴流)長度 $X_1$ 隨著雷諾數的增加而增長。尤其當 $d_{out}=2$ 時，在Y型和T型分歧管中， $X_1$ 與雷諾數之間呈現相當好的線性關係；但在 $d_{out}=2.5$ 的Y型和T型分歧管中有例外。在 $d_{out}=2.5$ 的Y型和T型分歧管流場中，當 $Re>800$ 之後，主迴流長度 $X_1$ 的就不再和雷諾數成正比。
- c. 除了 $d_{out}=2$ 之外，當 $d_{out}=2.5$ 和 $3$ 時，在Y型和T型分歧管中，隨著雷諾數的增加，流場會相繼出現第二迴流，甚至是第三迴流，如圖 6.4(b)和(c)所示。
- d. 無論是Y型或T型分歧管，下游流道寬度 $d_{out}$ 越大，第二及第三迴流

會在越低的雷諾數時出現。

在出口處無壓力差的條件下，配合不同之下游流道寬度 $d_{out}$ ，Y型和T型分歧管之流場流線圖，如圖 6.5 和 6.6 所示。

### 6.2.2 出口處的邊界條件為有壓力差( $P1 \neq P2$ )的結果

當兩流道出口處有壓力差時，我們將 Y 型和 T 型分歧管之兩出口處的壓力差分別固定為  $\Delta P = (P1 - P2) = 0.02$  和  $0.05$ 。當  $\Delta P = 0.02$  時，在 Y 型和 T 型分歧管中，我們都給定  $P1 = 1.02$  和  $P2 = 1.0$ ；當  $\Delta P = 0.05$  時，在 Y 型和 T 型分歧管中，我們也都給定  $P1 = 1.05$  和  $P2 = 1.0$ 。經過計算之後，我們得到如下的結果：

1. 固定 $\Delta P = 0.02$ 時，於Y型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.7 所示。
2. 固定 $\Delta P = 0.05$ 時，於Y型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.8 所示。
3. 固定 $\Delta P = 0.02$ 時，於T型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.9 所示。
4. 固定 $\Delta P = 0.05$ 時，於T型分歧管中，在不同之下游流道寬度 $d_{out}$ 下，其上下流道中的所有迴流長度及起始點位置，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.10 所示。

綜合圖 6.7~6.10，我們有以下的說明：

#### A. Y 型分歧管 + $\Delta P = 0.02$ 和 $0.05$

1. 當 $d_{out} = 2$ 時，無論 $\Delta P = 0.02$ 或 $0.05$ ，上下分支流道皆僅出現第一迴

流，其迴流長度都隨著雷諾數增大而增長，而且 $X1_{lower} > X1_{upper}$ 。大約在 $Re > 100$ 時，流場開始呈現不對稱，上下分支流道之第一迴流長度差 $\Delta X1 = (X1_{lower} - X1_{upper})$ 會隨著雷諾數增加而增大。此外，在相同雷諾數下， $\Delta P = 0.05$ 時的 $\Delta X1$ 較 $\Delta P = 0.02$ 時的 $\Delta X1$ 值來得大。

2. 當 $d_{out} = 2.5$ 時，無論 $\Delta P = 0.02$ 或 $0.05$ ，上下分支流道都有出現第一迴流，且在 $Re \geq 500$ 時，於下方流道開始出現第二迴流。不同於 $d_{out} = 2$ 的結果，在 $d_{out} = 2.5$ 時， $X1_{upper} > X1_{lower}$ 。當 $Re < 500$ 時， $X1_{lower}$ 和 $X1_{upper}$ 都隨著雷諾數增大而增長；但在 $Re \geq 500$ 後， $X1_{upper}$ 繼續隨著雷諾數增大而增長，而 $X1_{lower}$ 卻開始隨著雷諾數增加而遞減。經由上述得知，在 $\Delta X1$ 隨著雷諾數增加而增大的同時，當第二迴流出現後(即 $Re \geq 500$ 後)， $\Delta X1$ 隨著雷諾數增加而增長的幅度開始加大。此外，當 $Re \geq 500$ 後，隨著雷諾數增加，第二迴流的起始點 $X2_{lower}$ 會縮短；而其迴流長度 $X3_{lower}$ 會增加。值得注意的是在 $\Delta P = 0.05$ 且 $Re = 700$ 時， $X1_{upper}$ 會突然出現驟減的現象。
3. 當 $d_{out} = 3$ 時，無論 $\Delta P = 0.02$ 或 $0.05$ ，上下分支流道都有出現第一迴流，且在 $Re \geq 200$ 時，於下方流道開始出現第二迴流。如同於 $d_{out} = 2.5$ 的結果， $X1_{upper} > X1_{lower}$ ，第一迴流長度 $X1_{lower}$ 在 $Re > 200$ 後，亦會隨著雷諾數增加而遞減。同樣地，在 $\Delta X1$ 隨著雷諾數增加而增大的同時，當第二迴流出現後( $Re \geq 200$ )， $\Delta X1$ 亦隨著雷諾數增加而增長的幅度會加大。此外，隨著雷諾數增加(在 $Re > 200$ 後)，第二迴流的起始點 $X2_{lower}$ 會縮短；而其迴流長度 $X3_{lower}$ 會增加。

在出口處有壓力差的條件下，配合不同之下游流道寬度 $d_{out}$ ，Y型分歧管之流場流線圖，如圖 6.11 和 6.12 所示。

## B. T 型分歧管 + $\Delta P=0.02$ 和 $0.05$

1. 當  $d_{out}=2$  時，無論  $\Delta P=0.02$  或  $0.05$ ，上下分支流道皆僅出現第一迴流，而且在  $Re \leq 500$  時， $X1_{lower}=X1_{upper}$ ，流場呈現很好的對稱性。在  $Re > 500$  時，流場開始呈現不對稱， $X1_{lower}$  和  $X_{upper}$  都隨著雷諾數增大而增長，而且  $X1_{lower} > X1_{upper}$ 。故上下分支流道之第一迴流長度差  $\Delta X1=(X1_{lower}-X1_{upper})$  會隨著雷諾數增加而增大。在相同雷諾數下， $\Delta P=0.05$  時的  $\Delta X1$  較  $\Delta P=0.02$  時的  $\Delta X1$  值來得大。
2. 當  $d_{out}=2.5$  時，無論  $\Delta P=0.02$  或  $0.05$ ，上下分支流道都有出現第一迴流，且約在  $Re \geq 700$  和  $Re \geq 800$  時，分別在  $\Delta P=0.02$  和  $0.05$  之下方流道開始出現第二迴流。不同於  $d_{out}=2$  的結果， $X1_{upper} > X1_{lower}$ ，且在  $Re < 800$  時， $X1_{lower}$  和  $X_{upper}$  皆隨著雷諾數增大而增長；但當  $Re \geq 800$  後， $X1_{lower}$  開始隨著雷諾數增加而遞減。經由上述得知，在  $\Delta X1$  隨著雷諾數增加而增大的同時，當第二迴流出現後， $\Delta X1$  隨著雷諾數增加而增長的幅度會加大。此外，隨著雷諾數增加(在  $Re > 800$  後)，第二迴流的起始點  $X2_{lower}$  會縮短；而其迴流長度  $X3_{lower}$  會增加。
3. 當  $d_{out}=3$  時，無論  $\Delta P=0.02$  或  $0.05$ ，上下分支流道都有出現第一迴流，且在  $Re \geq 200$  時，於上下分支流道也開始出現第二迴流。至於第三迴流，需  $Re \geq 600$  時，才開始會出現。在我們目前的計算雷諾數範圍中， $X1_{lower}$  尚未有如同於  $d_{out}=2.5$  時所述之，在某雷諾數之後，發生隨著雷諾數增加而遞減的現象。所以， $X1_{lower}$  和  $X_{upper}$  皆隨著雷諾數增大而增長，而且  $X1_{upper} > X1_{lower}$ 。同樣地， $\Delta X1$  會隨著雷諾數增加而增大，但增加的幅度並不明顯。當第二迴流出現後， $\Delta X1$  也隨著雷諾數增加而增長的幅度會加大。不同於



$d_{out}=2.5$ ，隨著雷諾數增加(在 $Re > 200$ 後)，第二迴流的起始點 $X2$ 會增長；而其迴流長度 $X3$ 也會增加。

在出口處有壓力差的條件下，配合不同之下游流道寬度 $d_{out}$ ，T型分歧管之流場流線圖，如圖 6.13 和 6.14 所示。

## 6.3 分析與討論

### 6.3.1 迴流長度的分析

本節中我們將討論Y型和T型分歧管之出口壓力差和下游的流道寬度 $d_{out}$ ，對分歧管流場之主迴流長度的影響。從計算結果中，Y型和T型分歧管的上下方流道之主迴流長度在不同壓力差和下游流道寬度 $d_{out}$ 時，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.15 和 6.16 所示。其討論如下：

※圖 6.15 和 6.16 中，符號 $dp$ 代表 $\Delta P$ ，而符號 $d$ 則代表 $d_{out}$ 。

#### A. 出口處之壓力差 $\Delta P$ 對主迴流長度的影響

1. 當 $\Delta P=0.0$ 時，我們發現在固定雷諾數下，無論是Y型或T型分歧管，下游流道寬度 $d_{out}$ 越大，其主迴流長度 $X1$ 越長。但是無論Y型或T型分歧管，當 $Re > 800$ 時， $d_{out}=3$ 時的主迴流長度會開始縮短。
2. 當 $\Delta P=0.02$ 時，我們發現在固定雷諾數下，T型分歧管的下游流道寬度 $d_{out}$ 越大，其主迴流長度 $X1_{upper}$ 和 $X1_{lower}$ 越長。但是，當 $Re > 800$ 時， $d_{out}=2.5$ 時的 $X1_{lower}$ 會開始縮短。而在Y型分歧管中，固定雷諾數下，下游流道寬度 $d_{out}$ 越大，其主迴流長度 $X1_{upper}$ 和 $X1_{lower}$ 越長。但是，當 $Re > 200$ 時， $d_{out}=3$ 的 $X1_{lower}$ 會開始縮短。而當 $Re > 400$ 時， $d_{out}=2.5$ 的 $X1_{lower}$ 會開始縮短。
3. 當 $\Delta P=0.05$ 時，我們發現在固定雷諾數下，T型分歧管的下游流道寬度 $d_{out}$ 越大，其主迴流長度 $X1_{upper}$ 和 $X1_{lower}$ 越長。但是，當 $Re > 800$



時， $d_{out}=2.5$  的  $X1_{upper}$  會開始縮短。在 Y 型分歧管中，固定雷諾數下，下游流道寬度  $d_{out}$  越大，其主迴流長度  $X1_{upper}$  和  $X1_{lower}$  越長。但是，當  $Re > 200$  時， $d_{out}=3$  的  $X1_{lower}$  會縮短；而當  $Re > 500$  時， $d_{out}=2.5$  的  $X1_{lower}$  會開始縮短。另外，當  $Re > 400$  時， $d_{out}=3$  的  $X1_{upper}$  會開始縮短；而當  $Re > 600$  時， $d_{out}=2.5$  的  $X1_{upper}$  會開始縮短。

4. 無論是 Y 型或 T 型分歧管，在有壓差或無壓差的條件下，當  $d_{out}=2$  時，上下方流道之主迴流長度  $X1_{upper}$  和  $X1_{lower}$  皆與雷諾數成良好的線性關係。但是，隨著下游流道寬度  $d_{out}$  的增大，此種線性關係會逐漸被破壞。而且隨著下游流道寬度  $d_{out}$  的增大，Y 型管比 T 型管在較低的雷諾數時，會開始與雷諾數出現非線性的關係。

## B. 出口處之壓力差 $\Delta P$ 對主迴流長度的影響

1. 當  $d_{out}=2$  時，無論 Y 型或 T 型分歧管，我們發現在固定雷諾數下，隨著  $\Delta P$  的增加， $X1_{lower}$  都會略微增長；而  $X1_{upper}$  也都會略微縮短。只是在 Y 型分歧管中  $X1_{upper}$  縮短的幅度較大。
2. 當  $d_{out}=2.5$  時，無論 Y 型或 T 型分歧管，我們發現在固定雷諾數下，隨著  $\Delta P$  的增加， $X1_{lower}$  和  $X1_{upper}$  都會縮短，而且縮短的幅度都較  $d_{out}=2$  時大。另外，Y 型分歧管中縮短的幅度也較 T 型分歧管大。特別的是，在 T 型分歧管中，隨著  $\Delta P$  的增加， $X1_{upper}$  反而會略微增長。
3. 當  $d_{out}=2.5$  時，壓力差對 Y 型和 T 型分歧管之影響，除了使得原先無壓力差時所呈現之對稱(T 型分歧管)和近乎對稱(Y 型分歧管)之流場，也開始出現不對稱的現象之外。在 Y 型和 T 型分歧管之下方分支流道中，還會開始產生第二迴流。由於此第二迴流的出現，會使得上下分支流道不對稱的情況更加劇烈， $X1_{lower}$  和  $X_{upper}$

之間的差距加大。

4. 當 $d_{out}=3$ 時，無論Y型或T型分歧管，我們發現在固定雷諾數下，隨著 $\Delta P$ 的增加，其 $X1_{lower}$ 都會縮短。而Y型分歧管中的 $X1_{upper}$ 無法判斷其與 $\Delta P$ 之間的關係。另外，在T型分歧管中，隨著 $\Delta P$ 的增加， $X1_{upper}$ 反而會增長。
5. 當 $d_{out}=3$ 時，我們發現壓力差對Y型和T型分歧管之影響，一樣會使得原先無壓力差時所呈現之對稱(T型分歧管)和近乎對稱(Y型分歧管)之流場，開始出現不對稱的現象。同樣地，在Y型分歧管之下方分支流道中，也會開始產生第二迴流。此外，在壓力差的影響下，在T型分歧管之上下分支流道中更同時出現了第二及第三迴流，而且同樣會使得上下分支流道不對稱的情況更加劇烈， $X1_{lower}$ 和 $X_{upper}$ 之間的差距加大。



### 6.3.2 出口流量的分析

本節中我們將從計算結果中，討論Y型和T型分歧管之出口壓力差和下游的流道寬度 $d_{out}$ ，對分歧管流場之出口流量的影響。從計算結果中，Y型和T型分歧管的出口處流量比在不同壓力差和下游流道寬度 $d_{out}$ 時，隨著雷諾數變化的情形，如圖 6.17 和 6.18 所示。其討論如下：

※圖 6.17~6.18 中，符號 $R_{lower}$ 代表Y型或T型分歧管中，其下方流道出口質量流率和入口處質量流率之比( $\dot{m}_1/\dot{m}_{in}$ )，符號 $R_{upper}$ 代表Y型或T型分歧管中，其上方流道出口質量流率和入口處質量流率之比( $\dot{m}_2/\dot{m}_{in}$ )，而符號 $dp$ 代表 $\Delta P$ ，符號 $d$ 則代表 $d_{out}$ 。

#### A. 下游的流道寬度 $d_{out}$ 對出口流量的影響

1. 當 $\Delta P=0.02$ 時，無論是Y型或T型分歧管，在固定雷諾數下，隨著下游流道寬度 $d_{out}$ 的增大，下方流道出口流量比 $R_{lower}$ 會減小，上

- 方流道出口流量比 $R_{upper}$ 會增加。
2. 當 $\Delta P=0.05$ 時，無論是Y型或T型分歧管，在固定雷諾數下，隨著下游流道寬度 $d_{out}$ 的增大，下方流道出口流量比 $R_{lower}$ 會減小，上方流道出口流量比 $R_{upper}$ 會增加。
  3. 在計算雷諾數範圍內，無論是Y型或T型分歧管，配合任一下游流道寬度 $d_{out}$ 時，其出口處固定之平均壓力較大者（如P1），其所屬流道之出口流量比 $R_{lower}$ ，必小於出口處固定之平均壓力較小者（如P2），其所屬流道之出口流量比 $R_{upper}$ 。
  4. 無論是Y型或T型分歧管，隨著雷諾數的增加，其出口流量比的落差 $\Delta R=R_{upper}-R_{lower}$ 亦會增加，且在Y型分歧管中流量落差的幅度較T型分歧管來得大。例如在Y型分歧管中，當 $\Delta P=0.05$ 、 $Re=500$ 及 $d_{out}=3$ 時，其有最大流量落差，幾乎使得絕大部分之流體，均流向了上方的流道。
  5. 在相同之雷諾數下，在 $\Delta P=0.02$ 和 $0.05$ 時，隨著下游流道寬度 $d_{out}$ 的增加，下方流道出口流量比 $R_{lower}$ 會減小，上方流道出口流量比 $R_{upper}$ 會增加。且在Y型分歧管中流量比增減的幅度較T型分歧管來得大。

## B. 壓力差對出口流量的影響

1. Y型分歧管中，配合任一下游流道寬度 $d_{out}$ 時，在固定雷諾數下，隨著 $\Delta P$ 的增大，下方流道出口流量比 $R_{lower}$ 會減小，上方流道出口流量比 $R_{upper}$ 會增加。
2. T型分歧管中，配合任一下游流道寬度 $d_{out}$ 時，在固定雷諾數下，隨著 $\Delta P$ 的增大，下方流道出口流量比 $R_{lower}$ 會減小，上方流道出口流量比 $R_{upper}$ 會增加。

