

化工熱力學導論

習題詳解

史密斯 范內斯 等原著

曉園出版社
世界圖書出版公司

内 容 简 介

本书是史密斯等著《化工热力学》第4版一书的习题解。

化工热力学导论 习题详解

史密斯 范内斯 原著
袁震宇 译著

晓 园 出 版 社 出 版

世界图书出版公司北京分公司重印

(北京朝阳门内大街137号) 132

北 京 中 西 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992年5月 重印 开本 850×1168 1/32

1992年5月第一次印刷 印张 17

印数: 0,001--1,000

ISBN: 7-5062-1187-4/0.37

定价: 16.50元

世界图书出版公司通过中华版权代理公司

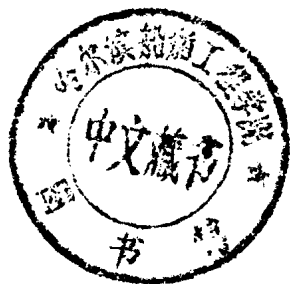
购得重印权 限国内发行

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，晚園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。晚園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。



Smith 化工熱力學導論詳解

(目 錄)

第一章	簡 介	1
第二章	熱力學第一定律及其他基本概念	7
第三章	純質流體的容積性質	21
第四章	熱效應	69
第五章	力學第二定律	103
第六章	流體的熱力學性質	123
第七章	流動程序的熱力學	173
第八章	功率循環中熱轉變成功的轉化效應	211
第九章	冷凍與液化	241
第十章	可變組成系統的理想行為	257
第十一章	不定組成的系統—非理想行為	289
第十二章	低壓至中等壓力下的相平衡	319
第十三章	溶液的熱力學性質	365
第十四章	由狀態方程式推導熱力學性質及氣液平衡之 計算	415
第十五章	化學反應的平衡	439
第十六章	熱力學的程序分析	483

第一章 簡 介

1-1 試利用表 1-3 中的已知數據，證明在表 1-4 中最後三列的任一組結果。

表 1-3

t/°C	水	汞	氫 (1 atm)	氫 (100 atm)
- 100			7053	76.03
0	1.00013	0.073554	11125	118.36
50	1.01207	0.074223	13161	139.18
100	1.04343	0.074894	15197	159.71
200	1.1590	0.076250	19266	200.72

以汞而言，以 0°C ~ 100°C 刻劃 100 等分

$$\text{因此，} \frac{0.074894 - 0.073554}{100} = 1.34 \times 10^{-5}$$

以 0°C 為準，比重變化 1.34×10^{-5} 為一刻度。

$$\Rightarrow \frac{0.074223 - 0.073554}{1.34 \times 10^{-5}} = 49.9$$

$$\frac{0.076250 - 0.073554}{1.34 \times 10^{-5}} = 201.2$$

同理，氫在 1 atm 時，以 0°C ~ 100°C 之比重刻劃 100 等分

$$\text{因此} \frac{15197 - 11125}{100} = 40.72$$

以 0°C 為準，比重變化 40.72 為一刻度

$$\frac{7053 - 11125}{40.72} = -100$$

$$\frac{13161 - 11125}{40.72} = 50$$

$$\frac{19266 - 11125}{40.72} = 199.9$$

同理亦可得氫在 100 atm 之結果亦相吻合

2 化工熱力學導論習題詳解

1-2 壓力升至 3000 bar，以活塞壓力計測量，若活塞直徑為 0.35 cm，試求所需砝碼重量約為多少公斤？

$$\begin{aligned} \text{解} \quad P &= 3000 \text{ bar} = 3000 \times 10^5 \text{ pa} \\ &= 3 \times 10^8 \text{ Nt/m}^2 \end{aligned}$$

$$P = F/A = mg / (D^2 \times \frac{\pi}{4})$$

$$3 \times 10^8 = m \times 9.8 / [(0.35 \times 10^{-2})^2 \times \frac{\pi}{4}]$$

$$m = 294.52 \text{ kg}$$

1-3 壓力升至 3000 atm，以活塞式壓力計測之，若活塞直徑為 0.14 in，試求所需砝碼重量約為多少 lbm？

$$\text{解} \quad P = 3000 \text{ atm} = 44088 \text{ psia}$$

$$P = F/A = \frac{mg}{g_c} / (D^2 \times \frac{\pi}{4})$$

$$44088 = m \times \frac{32.174}{32.174} / [(0.14)^2 \times \frac{\pi}{4}]$$

$$m = 678.68 \text{ lbm}$$

1-4 一水銀壓力計在 20°C 大氣中，其一端開口，讀數為 38.72 cm。當地之重力加速度是 9.79 ms⁻²，大氣壓力為 99.24 kPa。試求被測物之絕對壓力。

$$\text{解} \quad \text{在 } 20^\circ\text{C} \text{ 水銀密度為 } 13.6 \text{ (g cm}^{-3} \text{)}$$

$$P = P_i + P_e \quad (\text{開口壓力計})$$

$$P_i = 99.24 \times 10^3 \text{ (Pa)}$$

$$P_e = h \cdot e \cdot g$$

$$= 38.72 \times 13.6 \times 9.79$$

$$= 5155.34 \text{ ms}^{-2} \text{ gm}^{-2}$$

$$= 51.55 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P = 150.79 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$= 150.79 \text{ kPa}$$

1-5 一水銀壓力計在 75°F 的大氣中其一端開口，讀數為 16.81 in。當地

測物之絕對壓力。

解 在 75°F 水銀密度為 849 lbm ft^{-3}

$$\begin{aligned} P &= P_i + P_s = 29.48 + 16.81 \\ &= 46.29 \text{ (inHg)} \\ &= 3.8575 \text{ (ftHg)} \\ &= 3.8575 \times 849 \times \frac{32.143}{32.174} \times \frac{1}{144} \\ &= 22.72 \text{ (psia)} \end{aligned}$$

1-6 一在火星上用以測量重力加速度之裝置係由一懸掛質量 0.24 kg 之物的彈簧構成。在地球重力加速度為 9.8 ms^{-2} 處，其伸長量為 0.61 cm 。當此裝置在火星上，測量值為伸長量 0.2 cm 。試求火星上的重力加速度。

解 在地球

$$\begin{aligned} k \cdot x &= mg \\ k &= \frac{0.24 \times 9.8}{0.61} = 3.856 \end{aligned}$$

在火星上

$$\begin{aligned} k \cdot x' &= m \times g' \\ g' &= \frac{3.856 \times 0.2}{0.24} = 3.21 \text{ (ms}^{-2} \text{)} \end{aligned}$$

1-7 一組工程人員登陸月球後，欲測定一些不尋常岩石的質量。他們有一個在重力加速度 32.20 fts^{-2} 下校正過的彈簧秤，讀數單位是磅。其中一塊月岩石在秤上的指數為 25，問此岩石的質量為何？在月球上重量為多少？已知月球上的重力加速度 $g_{\text{moon}} = 5.47 \text{ (fts}^{-2} \text{)}$ 。

解 質量：

$$25 \times \frac{32.20}{32.174} = m \times \frac{5.47}{32.174}$$

$$m = 147.16 \text{ lbm (質量)}$$

在月球上之重量：

$$147.16 \times \frac{5.47}{32.174} = 25.02 \text{ lbf (重量)}$$

4 化工熱力學導論習題詳解

1-8 - 5 (in) 直徑的活塞上置砝碼，下壓一氣體，活塞和砝碼合重 60 lbm。當地重力加速度為 32.13 ft s^{-2} ，大氣壓力為 30.16 (inHg)。

(a) 假設活塞和唧筒間無磨擦力，大氣壓力，活塞和砝碼作用於氣體的力量是多少？以 (lb_f) 表示。

(b) 此氣體之壓力是多少？以 (psia) 表示。

(c) 若在唧筒內之氣體受熱膨脹，推動活塞和砝碼上升 15 (in)，則此氣體作了多少功？以 (ft lb_f) 表示。活塞和砝碼之位能變化了多少？

解 (a) $P_1 = 30.16 \text{ (inHg)}$

$$= \frac{30.16}{12} \times 849 \times \frac{32.13}{32.174} \times \frac{1}{144}$$

$$= 14.798 \text{ (psia)}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times 25 = 19.635 \text{ in}^2$$

$$F = P_1 \cdot A + m \times \frac{g}{g_0}$$

$$= 290.56 + 60 \times \frac{32.13}{32.174} = 350.48 \text{ lb}_f$$

$$(b) P = \frac{F}{A} = \frac{350.48}{19.635} = 17.85 \text{ (psia)}$$

$$(c) W = F \times S = 350.48 \times \frac{15}{12} = 438.1 \text{ (ft lb}_f \text{)}$$

$$E_p = m \times \frac{g}{g_0} \times \Delta h$$

$$= 60 \times \frac{32.13}{32.174} \times \frac{15}{12} = 74.90 \text{ (lb}_f \cdot \text{ft)}$$

1-9 - 10 cm 直徑的活塞，上置砝碼，下壓一氣體，活塞和砝碼合重為 30 kg。當地重力加速度為 9.805 ms^{-2} ，大氣壓力為 101.22 kPa。

(a) 假設活塞和唧筒間無磨擦力，大氣壓力，活塞和砝碼作用於氣體的力量是多少？以牛頓表示。

(b) 此氣體之壓力是多少？以 kPa 表示。

(c) 若在唧筒內之氣體受熱膨脹，推動砝碼活塞上升 40 cm，則此氣體作了多少功？以 kJ 表示？活塞和砝碼之位能變化了多少？

解 (a) $P_t = 101.22 \text{ kPa}$

$$= 101220 \text{ Nt/m}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times (0.1)^2 = 7.854 \times 10^{-3}$$

$$F = P_t \times A + m \times g$$

$$= 794.98 + 30 \times 9.805$$

$$= 1089.13 \text{ (Nt)}$$

$$(b) P = \frac{F}{A} = \frac{1089.13}{7.854 \times 10^{-3}} = 138672 \text{ Pa}$$

$$= 138.67 \text{ kPa}$$

$$(c) W = F \times S = 1089.13 \times \frac{40}{100}$$

$$= 435.652 \text{ (J)}$$

$$= 0.435 \text{ (kJ)}$$

$$E_P = mg \Delta h$$

$$= 30 \times 9.805 \times 0.4$$

$$= 117.66 \text{ (J)}$$

$$= 0.118 \text{ (kJ)}$$

1-10 試證位能和動能的 SI 單位為焦耳。

解 $1 \text{ Joule} = 1 \text{ (Nt)} \times \text{(m)} = 1 \text{ (kg m}^2\text{s}^{-2} \text{)}$

$$\text{位能} = m \times g \times h$$

$$\{ = \} \{ \text{ kg} \} \{ \text{ ms}^{-2} \} \{ \text{ m} \}$$

$$\{ = \} \{ \text{ kg m}^2\text{s}^{-2} \} = \text{Joule}$$

$$\text{動能} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$$\{ = \} \{ \text{ kg} \} \{ \text{ ms}^{-1} \}^2$$

$$\{ = \} \{ \text{ kg m}^2\text{s}^{-2} \} = \text{Joule}$$

1-11 一 1500 kg 之汽車速度為 25 ms^{-1} ，試求其動能是多少 kJ。欲使之停止，需作多少功？

解 $E_{k1} = \frac{1}{2} m v^2$

6 化工熱力學導論習題詳解

$$= \frac{1}{2} \times 1500 \times (25)^2$$

$$= 468750 \text{ (J)}$$

$$= 468.75 \text{ (kJ)}$$

停止時 $E_{k2} = 0$

$$W = \Delta E_k = -468.75 \text{ kJ}$$

需作功 468.75 kJ

1-12 在 0°C 常壓下，水的密度為 1.00 g cm^{-3} ，在同樣的狀況下冰的密度為 0.917 g cm^{-3} 。當一公斤的冰熔化成水時作了多少功？

解 可視為恒壓下變化

$$P = 1 \text{ atm} = 101.33 \text{ kPa}$$

1 kg 冰之體積為

$$1000 \times \frac{1}{0.917} = 1090.5 \text{ cm}^3 = 1.090 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

1 kg 水之體積為

$$1000 \times \frac{1}{1} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W = P\Delta V$$

$$= 101.33 \times 10^3 \times (1 \times 10^{-3} - 1.090 \times 10^{-3})$$

$$= -9.12 \text{ (J)}$$

表示外界對其作功 9.12 J

第二章

熱力學第一定律及其他基本概念

2-1 一絕緣不傳熱之容器內含 10 kg 20°C 的水，以攪拌器攪拌。其攪拌器是利用 25 kg 的砝碼受重力作用下降而推動攪拌。在砝碼慢慢下降 10 m 而驅動攪拌器時，若砝碼所作的功全都轉移給水，且當地重力加速度為 9.8 ms^{-2} 計算：

(a) 對水所作的功。

(b) 水的內能變化。

(c) 水的末溫。

(d) 若使水溫回到原來溫度，所需移去的熱量。

(e) 整個自然界的能量變化：(1) 砝碼下降的過程，(2) 水溫回到原來溫度的過程，(3) 兩過程合起來。

解 (a) 外界對系統所作的功

$$W = Mgh$$

$$= 25 \times 9.8 \times 10 = 2450 \text{ J}$$

(b) $\Delta U = W = 2450 \text{ J}$

(c) 假設水之體積變化為 0

定壓下

$$\Delta H = \Delta U = mC_p \Delta T = 2450$$

$$C_p = 4.18 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

$$10 \times 10^3 \times 4.18 \times (T_f - 20) = 2450$$

$$T_f = 20.059^\circ\text{C}$$

(d) $Q = (20 - 20.059) \times 10 \times 10^3 \times 4.18$

$$= -2450 \text{ J}$$

移去 2450 J 的熱量

(e)(1) 砝碼下降的過程：

因砝碼之位能釋放給水使其升溫，所以總能量變化為 0。

(2) 水溫回到原來溫度時，釋於相等的能量給外界，所以總能量變化亦為 0。

(3) (1), (2) 合起來亦為 0。

2-2 重做 2-1 題，但考慮容器隨著水而改變溫度，其熱容等於 3 kg 的水。

8 化工熱力學導論習題詳解

以兩種方式做此題(a)將水及容器視為一系統，(b)只將水視為一系統。

解 (a) 將水與容器視為一系統

$$(1) W = 2450 \text{ J}$$

$$(2) \Delta U = W = 2450 \text{ J}$$

$$(3) 13 \times 10^3 \times 4.18 \times (T_f - 20) = 2450$$

$$T_f = 20.045^\circ\text{C}$$

$$(4) Q = 13 \times 10^3 \times 4.18 \times (20 - 20.045) \\ = -2450 \text{ J}$$

(5) 同 2-1 題，總能量不變

(b) 只將水視為一系統

$$(1) W = 2450 \text{ J}$$

$$(2) \Delta U = \frac{10}{13} W = 1884.62 \text{ J}$$

$$(3) 10 \times 10^3 \times 4.18 \times (T_f - 20) = 1884.62$$

$$T_f = 20.045^\circ\text{C}$$

$$(4) Q = 10 \times 10^3 \times 4.18 \times (20 - 20.045) \\ = -1884.62 \text{ J}$$

(5) 總能量皆不變

2-3 試評論，「夏天時你打開電冰箱的門可以使你的廚房冷卻」這句話之可行性。

解 若廚房為密封，則此方法並不可行，因為根據能量守恆定律，輸入廚房的電能反而會轉變成熱能使廚房的溫度上升。

2-4 液態水在 100°C ，1 bar 下有 419.0 kJkg^{-1} 的內能，其比容為 $1.044 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ 。

(a) 其焓若干？

(b) 若此水變成 200°C ，800 kPa，其焓值變為 2838.6 kJkg^{-1} ，其比容為 $260.79 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ 。試求此過程之 ΔU 及 ΔH 。

解 (a) $H = U + PV$

$$= 419.0 + 1 \times 10^5 \times 1.044 \times 10^{-3}$$

$$= 419.104 \text{ kJkg}^{-1}$$

(b) $\Delta H = H_f - H_i$

$$= 2838.6 - 419.104$$

$$\begin{aligned}
 &= 2419.5 \text{ kJkg}^{-1} \\
 \Delta U &= \Delta H - \Delta(PV) \\
 &= 2419.5 - (800 \times 260.79 \times 10^{-3} - 1 \times 10^3 \times 1.044 \\
 &\quad \times 10^{-3}) \\
 &= 2210.97 \text{ kJkg}^{-1}
 \end{aligned}$$

2-5 對 1 kg 之物質：

(a) 要使其內能改變 1 kJ，需提昇多少高度？

(b) 同理，要使其動能為 1 kJ，其速度若干？

(c) 此結果表示何種結論？

解 (a) $mgh = 1 \text{ kJ}$

$$1 \times 9.8 \times h = 10^3$$

$$h = 102.04 \text{ m}$$

(b) $\frac{1}{2}mV^2 = 1 \text{ kJ}$

$$\frac{1}{2} \times 1 \times v^2 = 1000$$

$$v = 44.72 \text{ ms}^{-1}$$

(c) 能量可依不同的形式互換，而且由上例可看出，對改變同樣的內能而言，利用位能則需 102.04 m 的高度，利用動能則需 44.72 ms^{-1} 的速度，兩者皆相當不容易達到。

而就 1 kg 的水而言，要使其內能改變 1 kJ，所需改變的溫度為

$$1000 \times 1 \times \Delta t = 1000 / 4.187$$

$$\Delta t = 0.239^\circ\text{C}$$

所以依熱能和功的形式改變內能較容易。亦即一般熱力學的問題，只要位置高度和速度差變化不大，動能和位能的因素可忽略不計。

2-6 5 kJ 的熱量加入一系統，同時其內能減少了 10 kJ，問有多少能量轉變為功？若一過程造成相同的狀態改變，但是作功為零，則有多少能量轉變為熱？

解 (a) $\Delta U = Q - W$

$$-10 = 5 - W$$

$$W = 15 \text{ kJ}$$

(b) $\Delta U = Q$ ($W = 0$)

$$Q = -10 \text{ kJ (輸出)}$$

2-7 一塊銅磚重 0.2 kg，起始溫度是 400 K；另有 4 kg 重，起始溫度是 300 K 的水盛於一個絕緣槽中，此槽亦由 0.5 kg 的銅製成。若將銅磚浸於水中至平衡，則銅磚及水之內能改變多少？全部系統之能量改變多少，（包括槽在內）？不計膨脹及收縮的影響。假設水之比熱為 $4.184 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ，銅為 $0.38 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$ 皆定值。

解 (a) 假設平衡溫度 T_f

$$\begin{aligned} \therefore (T_f - 400) \times 0.2 \times 0.38 + (T_f - 300) \times 4 \times 4.184 \\ + (T_f - 300) \times 0.5 \times 0.38 \\ = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore T_f = 300.447 \text{ K}$$

銅磚之內能變化

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{copper}} &= (300.447 - 400) \times 0.2 \times 0.38 \\ &= -7.566 \text{ kJ} \end{aligned}$$

水之內能變化

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{water}} &= 4 \times 4.184 \times (300.447 - 300) \\ &= 7.481 \text{ kJ} \end{aligned}$$

槽之內能變化

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{tank}} &= 0.5 \times 0.38 \times (300.447 - 300) \\ &= 0.085 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{total}} &= \Delta U_{\text{copper}} + \Delta U_{\text{water}} + \Delta U_{\text{tank}} \\ &= 0 \end{aligned}$$

2-8 同上題，若銅磚於 50 m 之高度落入水中，假設沒有水濺出槽外，則水之內能改變多少？

解 $\Delta U + \Delta E_p + \Delta E_k = \pm Q \pm W$ (2-2) 式

$$\Delta E_k = 0$$

$$Q = 0$$

$$W = 0$$

$$\begin{aligned} \therefore (T_f - 400) \times 0.2 \times 0.38 + (T_f - 300) \times 4 \times 4.184 \\ + (T_f - 300) \times 0.5 \times 0.38 + (0 - 50) \times 0.2 \times 9.8 \\ \times 10^{-3} \\ = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore T_f = 300.453 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{water}} &= (300.453 - 300) \times 4 \times 4.184 \\ &= 7.578 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- 2-9 氮氣以穩定速度流過一內徑為 2 in [5.08 cm] 的水平絕緣管。在流經管內一半開閥時產生一壓降，閥之上游壓力為 80 (psia) [551.6 kPa]，溫度為 100°F [37.8°C]，且平均速度為 15 fts^{-1} [4.57 ms^{-1}]。若閥之下游的壓力為 20 psia，則溫度為多少？假設 N_2 之 $\frac{PV}{T}$ = 常數， $C_v = \frac{5}{2}R$ 且 $C_p = \frac{7}{2}R$ (在附錄 A 可找到 R 值)

解 $\therefore \frac{PV}{T} = \text{常數}$

且上游單位時間的體積流速：

$$\begin{aligned} V_{\text{up}} &= U_{\text{up}} \cdot A \\ &= U_{\text{up}} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \end{aligned}$$

同理： $V_{\text{down}} = U_{\text{down}} \cdot A$

$$\therefore \frac{P_{\text{up}} \cdot V_{\text{up}}}{T_{\text{up}}} = \frac{P_{\text{down}} V_{\text{down}}}{T_{\text{down}}}$$

$$\therefore \frac{80 \times U_{\text{up}} \cdot A}{(273.15 + 37.8)} = \frac{20 \cdot U_{\text{down}} \cdot A}{T_{\text{down}}}$$

$$\therefore U_{\text{down}} = 0.0588 T_{\text{down}} \dots\dots\dots(1)$$

(2-10(a)) 式

$$\Delta H + \frac{\Delta u^2}{2} + g \Delta Z = Q - W_s$$

水平管： $\Delta Z = 0$

絕緣： $Q = 0$

no shaft work： $W_s = 0$

Basis：1 kg N_2

$$C_p (T_{\text{down}} - T_{\text{up}}) + \frac{1}{2} (U_{\text{down}}^2 - U_{\text{up}}^2) = 0$$

$$0.001728 T_{\text{down}}^2 + \frac{7}{2} \times 8.314 \times \frac{10^3}{28} \times T_{\text{down}} - \frac{7}{2} \times 8.314$$

12 化工熱力學導論習題詳解

$$\begin{aligned} & \times \frac{10^3}{28} \times 310.95 - \frac{1}{2} \times (4.57)^2 \\ & = 0 \\ & 0.001728 \cdot T_{\text{down}}^2 + 1039.25 \cdot T_{\text{down}} - 323165.23 = 0 \\ & T_{\text{down}} \\ & = \frac{-1039.25 + \sqrt{(1039.25)^2 + 4 \times 323165.23 \times 0.001728}}{2 \times 0.001728} \\ & = 310.80 \text{ K} \end{aligned}$$

2-10 液態水在 70°F [294.26 K] 的水平直管中流動，假設周遭無熱量或功的交換，在管內直徑 1 in [2.54 cm] 處的流速 30 fts⁻¹ (9.144 ms⁻¹)，然後直徑突然變大。若下游的直徑為 1.5 in [3.81 cm] 水之焓改變多少？若下游的直徑為 3 in [7.62 cm] 呢？隨直徑增大，其焓改變量最大是多少？

解 (a) (2-10(a)) 式

$$\Delta H + \frac{\Delta u^2}{2} + g \Delta Z = Q - W_s$$

∵ ΔZ, Q, W_s 皆為 0

$$\therefore \Delta H = \frac{-\Delta u^2}{2}$$

$u_1 = 9.144 \text{ ms}^{-1}$ (1 : 上游
2 : 下游)

$d_2 = 1.5 \text{ in [3.81 cm]}$

假設穩定流速之下

且密度變化不大 $\rho_1 \approx \rho_2$

$$\therefore u_1 \cdot A_1 = u_2 A_2$$

$$9.144 \times \left(\frac{2.54}{2} \right)^2 \times \pi = u_2 \cdot \left(\frac{3.81}{2} \right)^2 \pi$$

$$u_2 = 4.064 \text{ ms}^{-1}$$

$$\therefore \Delta H = \frac{1}{2} (9.144^2 - 4.064^2)$$

$$= 33.548 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

(b) $d_2 = 3 \text{ in [7.62 cm]}$

$$u_2 = 1.016 \text{ ms}^{-1}$$

$$\Delta H = 41.29 \text{ Jkg}^{-1}$$

(c) 當 $u_2 \rightarrow 0$ 時, ΔH 最大

$$\Delta H = \frac{1}{2} \times 9.144^2 = 41.81 \text{ Jkg}^{-1}$$

2-11 水流過一水平螺環, 環外以高溫氣體加熱。當水通過此螺環時, 水由 2 atm [202.66 kPa], 180°F [82.2°C] 改變至 1 atm [101.33 kPa], 250°F [121.1°C]。若入口速度是 10 fts⁻¹ [3.05 ms⁻¹], 出口速度是 600 fts⁻¹ [182.9 ms⁻¹], 求單位質量的水之熱傳量。已知入口及出口水流的焓值如下:

入口: 148.0 (Btu) (lbm⁻¹) [344.2 kJkg⁻¹]

出口: 1168.8 (Btu) (lbm⁻¹) [2718.5 kJkg⁻¹]

解 (2-10(a)) 式

$$\Delta H + \frac{\Delta u^2}{2} + g \Delta z = Q - W_s$$

$$\Delta z = 0, W_s = 0$$

$$\therefore (2718.5 - 344.2) \times 10^3 + \frac{1}{2} (182.9^2 - 3.05^2)$$

$$= Q$$

$$Q = 2391 \text{ kJkg}^{-1}$$

2-12 蒸汽以穩定速度經過一絕緣的漸縮管。此管長 10 in [25.4 cm], 入口直徑為 2 in [5.08 cm], 在入口處 (狀態 1), 溫度為 600°F [312.56°C], 壓力為 100 psia [689.5 kPa], 且速度為 100 fts⁻¹ [30.5 ms⁻¹]。在管之出口處 (狀態 2) 溫度為 450°F [232.22°C], 壓力為 50 psia [344.75 kPa]; 焓值:

$$H_1 = 1329.6 \text{ Btu lbm}^{-1} [3092.5 \text{ kJkg}^{-1}]$$

$$H_2 = 1259.6 \text{ Btu lbm}^{-1} [2929.7 \text{ kJkg}^{-1}]$$

求水在出口處的速度及出口的直徑。

解
$$\Delta H + \frac{\Delta u^2}{2} + g \Delta z = Q - W_s$$

(假設水平管)

$$\Delta Z = Q = W_s = 0$$