



化工厂 管道与设备之保温

馬恩永 編著

化学工业出版社

81.19
463

化 学 工 厂

管道与設備之保溫

馬恩永 編著

36218.1

化学工业出版社

化学工厂管道与设备之保温

馬恩永 編著

化学工業出版社（北京市安定門外御路 16 号）出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇九二號

* * *

化学工業出版社印刷厂印

一九五六年九月第一版

一九五八年十一月北京第 3 次印刷 6032—8052)

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 92,000 字 • 3 $\frac{18}{32}$ 印張 • 定价 (10) 0.60 元

書号 0034

發行者 新華書店

序 言

在我們偉大祖國發展國民經濟第一個五年計劃的建設時期，大規模新型的化學工廠將要不斷地建立起來。化學工廠中管道與設備之保溫是必不可少的，且有時保溫工程之費用在整個工程的投資中佔相當大的比例。同時大量保溫材料之需要亦關係到目前我國保溫材料之供應問題。編者參閱了有關保溫的書籍，依據目前我國保溫材料生產的條件，總結工地大規模保溫工程的實際經驗寫成本書。僅就化學工廠之管道與設備對保溫之要求，保溫材料之性能及選擇，施工方法及熱工計算等方面給讀者一些具體的參考資料。至於保溫材料之製造，有關石棉纖維混合材料及硅藻土等項，由於我國已有專業製造廠，僅略予介紹；泡沫混凝土保溫材料是一種價格低廉、適於大規模使用之保溫材料，一般且可自行製造，故予較詳細的敘述。

本書主要目的在於給化學工廠、熱電廠保溫工程之設計人員和施工人員在實際工作上提供一些幫助。採暖工程工作者與保溫材料製造工作人員亦可借以參考。本書編著時曾得到有色冶金設計院張民孚、羅子勤等工程師和李澤彥工程師的校對和幫助，特此誌謝。

由於編者學識有限，疏漏與錯誤之處在所難免，希讀者函告指正。

馬恩永一九五六年一月於北京有色冶金設計院

符 号 說 明

- q ——單位热損失(仟卡/米-小时, 或仟卡/平方米-小时)
 Q ——总热損失(仟卡)
 R ——热阻力之和(米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡, 或平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡)
 R_m ——由帶热体至管壁或器壁之热阻力
 (米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡, 或平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡)
 R_B ——管道或設備外表面至空气之热阻力
 (米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡, 或平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡)
 R_{cm} ——管壁或器壁之热阻力
 (米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡, 或平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$ /仟卡)
 a_m ——帶热体至管道或設備表面之傳热系数
 (仟卡/平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$)
 a_B ——由管道或設備外表面向空气中之散热系数
 (仟卡/平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$)
 a_{π} ——輻射傳热系数(仟卡/平方米-小时 $^{\circ}\text{C}$)
 a_R ——对流傳热系数(仟卡/平方米/小时 $^{\circ}\text{C}$)
 t_{Φ} ——液体之冻结溫度($^{\circ}\text{C}$)
 t_A ——周圍空气之露点溫度($^{\circ}\text{C}$)
 t_m ——流体之溫度($^{\circ}\text{C}$)
 t_B ——周圍空气溫度($^{\circ}\text{C}$)
 $t_{\text{пов}}$ ——表面溫度($^{\circ}\text{C}$)
 C ——輻射系数(仟卡/平方米-小时 $[\text{C}]^4$)
 v ——風速(米/秒)
 V ——体積(立方米)
 A ——面積(平方米)
 l ——長度(米)
 $\delta_{\text{из}}$ ——保温層厚度(米)

- Π ——管道或圓柱体設備無保溫層時之外徑（米）
 r_{BH} ——管道或圓柱体設備之內半徑（米）
 r_H ——管道或圓柱体設備之外半徑（米）
 d_H ——帶有全部保溫層后管道或圓柱体設備之外徑（米）
 ρ ——帶有全部保溫層后管道或圓柱体設備之外半徑（米）
 λ_{cm} ——器壁或管壁之熱傳導係數（仟卡/米-小時 $^{\circ}\text{C}$ ）
 λ_{H3} ——保溫層之熱傳導係數（仟卡/米-小時 $^{\circ}\text{C}$ ）

目 錄

序言	4
符号說明	5
第一章 保溫之必要性及對保溫之要求	7
第二章 保溫材料之性能及製造	13
第三章 保溫材料之選擇	46
第四章 保溫材料之裝置及施工方法	54
第五章 熱工計算	81
附錄	
1. 管道熱損失計算圖表	102
2. 保溫層熱阻力計算圖表	104
3. 當無風時對流傳熱系數計算圖表	105
4. 輻射傳熱系數計算圖表	106
5. 管道保溫保溫層表面積計算圖表	107
6. 管道保溫保溫材料體積計算圖表	108
7. 管道保溫保護層體積計算圖表	109
8. 金屬及合金之熱傳導系數	110
9. 常用材料之性能	111
10. 單位換算表	112
主要參考書目錄	113

81.19
463

化 学 工 厂

管道与設備之保溫

馬恩永 編著

36218.1

化学工业出版社

化学工厂管道与设备之保温

馬恩永 編著

化学工業出版社（北京市安定門外御路 16 号）出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇九二號

* * *

化学工業出版社印刷厂印

一九五六年九月第一版

一九五八年十一月北京第 3 次印刷 6032—8052)

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 92,000 字 • 3 $\frac{18}{32}$ 印張 • 定价 (10) 0.60 元

書号 0034

發行者 新華書店

目 錄

序言	4
符号說明	5
第一章 保溫之必要性及對保溫之要求	7
第二章 保溫材料之性能及製造	13
第三章 保溫材料之選擇	46
第四章 保溫材料之裝置及施工方法	54
第五章 熱工計算	81
附錄	
1. 管道熱損失計算圖表	102
2. 保溫層熱阻力計算圖表	104
3. 當無風時對流傳熱系數計算圖表	105
4. 輻射傳熱系數計算圖表	106
5. 管道保溫保溫層表面積計算圖表	107
6. 管道保溫保溫材料體積計算圖表	108
7. 管道保溫保護層體積計算圖表	109
8. 金屬及合金之熱傳導系數	110
9. 常用材料之性能	111
10. 單位換算表	112
主要參考書目錄	113

序 言

在我們偉大祖國發展國民經濟第一個五年計劃的建設時期，大規模新型的化學工廠將要不斷地建立起來。化學工廠中管道與設備之保溫是必不可少的，且有時保溫工程之費用在整個工程的投資中佔相當大的比例。同時大量保溫材料之需要亦關係到目前我國保溫材料之供應問題。編者參閱了有關保溫的書籍，依據目前我國保溫材料生產的條件，總結工地大規模保溫工程的實際經驗寫成本書。僅就化學工廠之管道與設備對保溫之要求，保溫材料之性能及選擇，施工方法及熱工計算等方面給讀者一些具體的參考資料。至於保溫材料之製造，有關石棉纖維混合材料及硅藻土等項，由於我國已有專業製造廠，僅略予介紹；泡沫混凝土保溫材料是一種價格低廉、適於大規模使用之保溫材料，一般且可自行製造，故予較詳細的敘述。

本書主要目的在於給化學工廠、熱電廠保溫工程之設計人員和施工人員在實際工作上提供一些幫助。採暖工程工作者與保溫材料製造工作人員亦可借以參考。本書編著時曾得到有色冶金設計院張民孚、羅子勤等工程師和李澤彥工程師的校對和幫助，特此誌謝。

由於編者學識有限，疏漏與錯誤之處在所難免，希讀者函告指正。

馬恩永一九五六年一月於北京有色冶金設計院

符 号 說 明

- q ——單位热損失(仟卡/米-小时, 或仟卡/平方米-小时)
 Q ——总热損失(仟卡)
 R ——热阻力之和(米-小时°C/仟卡, 或平方米-小时°C/仟卡)
 R_m ——由帶热体至管壁或器壁之热阻力
 (米-小时°C/仟卡, 或平方米-小时°C/仟卡)
 R_B ——管道或設備外表面至空气之热阻力
 (米-小时°C/仟卡, 或平方米-小时°C/仟卡)
 R_{cm} ——管壁或器壁之热阻力
 (米-小时°C/仟卡, 或平方米-小时°C/仟卡)
 a_m ——帶热体至管道或設備表面之傳热系数
 (仟卡/平方米-小时°C)
 a_B ——由管道或設備外表面向空气中之散热系数
 (仟卡/平方米-小时°C)
 a_{π} ——輻射傳热系数(仟卡/平方米-小时°C)
 a_R ——对流傳热系数(仟卡/平方米/小时°C)
 t_{Φ} ——液体之冻结溫度(°C)
 t_A ——周圍空气之露点溫度(°C)
 t_m ——流体之溫度(°C)
 t_B ——周圍空气溫度(°C)
 $t_{\text{пов}}$ ——表面溫度(°C)
 C ——輻射系数(仟卡/平方米-小时[°C]⁴)
 v ——風速(米/秒)
 V ——体積(立方米)
 A ——面積(平方米)
 l ——長度(米)
 $\delta_{\text{из}}$ ——保温層厚度(米)

- Π ——管道或圓柱体設備無保溫層時之外徑（米）
 r_{BH} ——管道或圓柱体設備之內半徑（米）
 r_H ——管道或圓柱体設備之外半徑（米）
 d_H ——帶有全部保溫層后管道或圓柱体設備之外徑（米）
 ρ ——帶有全部保溫層后管道或圓柱体設備之外半徑（米）
 λ_{cm} ——器壁或管壁之熱傳導係數（仟卡/米-小時 $^{\circ}\text{C}$ ）
 λ_{H3} ——保溫層之熱傳導係數（仟卡/米-小時 $^{\circ}\text{C}$ ）

第一章 保溫之必要性及对保溫之要求

在化学工厂中溫度是化学变化的一个很重要的条件。很多設備都不是在常溫下進行工作，而在其中或者帶有高溫的气体或者盛有低溫的液体。为了保持一定的溫度及減少热能或动力的損失，往往操作溫度不同於常溫之設備都須絕热。

一般保溫範圍可按溫度分为三种：

A. 0°C 以下者，保溫的对象是溫度低於 0°C 之化学反应或需在低溫儲存之流体。

B. 0°C 至 300°C 之間，这是化学工厂中最常用之溫度範圍，如生產操作中之溶液，气体，蒸汽和水等均为保溫之对象。

B. 300°C 以上者，除高压蒸气外，保溫对象大都屬於放热反应。这类保溫屬於高溫热絕緣之範圍，与耐火材料直接有关。

本書僅就前二种加以叙述。

第一節 生產上的要求

化学工厂与其他工厂不同，其生產过程主要是在設備中進行化学变化。化学变化需要一定的条件，其中溫度是一个很重要的参数。如果我們不能在一定的設備中保持一定的溫度，就会影响到所需要發生之化学变化及其速度。

1. 溫度的降低在某种情况下会使生產过程中之化学变化停止而代之以生產上不需要之化学变化，这样就会妨碍生產的正常進行。

2. 溫度的降低会使化学变化之速度变慢（圖1）。一般溫度每降低 10°C ，反应速度大約減緩到原來的一半至 $\frac{1}{4}$ 。例如在 300°C 时 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}$ 之反应速度尚小到無法測量；但在 700°C 时，上述反应却已成为爆炸反应，瞬間趨於完成。

3. 由於散热損失之关系，溫度降低。为了維持溶液或泥漿

之溫度，如直接通入蒸氣，則沖淡了溶液，依據質量作用定律會緩慢了化學作用之速度，故一般不直接通入蒸氣。

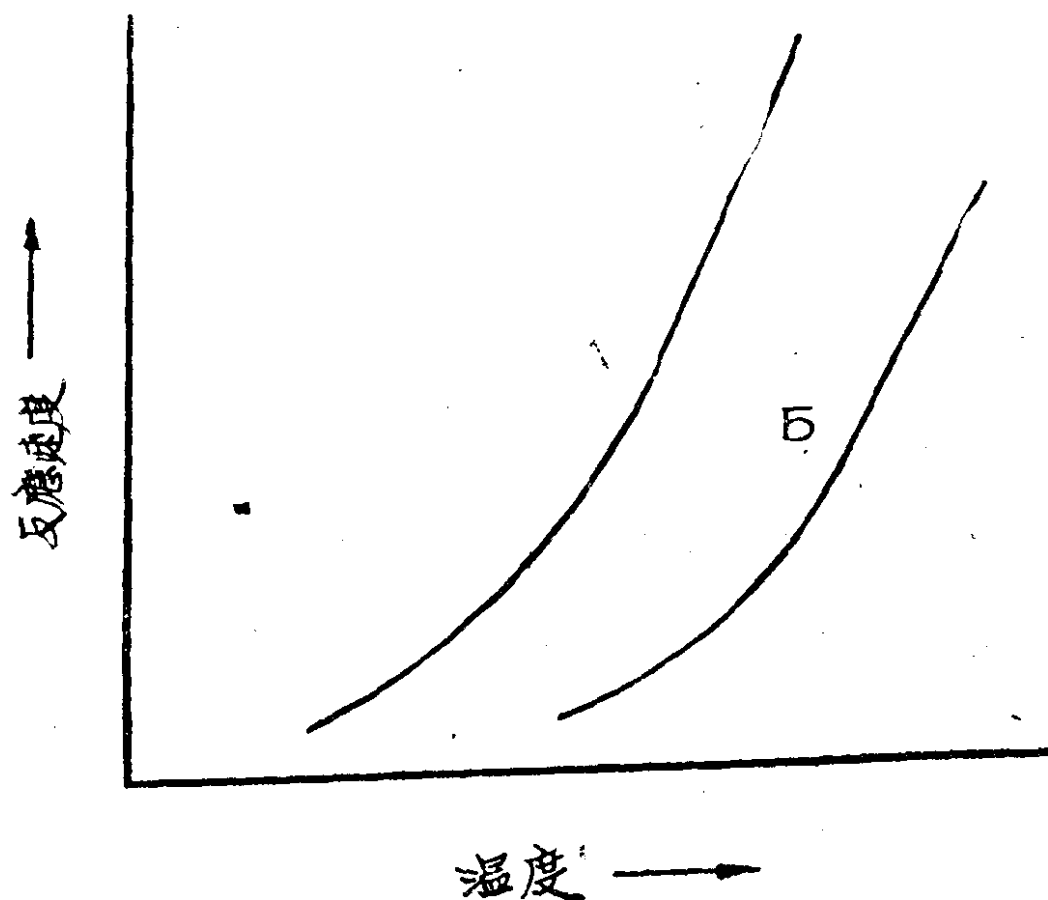


圖 1 化學反應 A, B 之速度与溫度的关系

4. 一般物質的溶解度因溫度降低而減少。溫度的降低會造成已經溶解的溶質重新析出而沉淀。如硝酸鈉 NaNO_3 水溶液之溶解度即是一個明顯的例子。

表 1

硝酸鈉水溶液在不同溫度時之溶解度

溫度 (°C)	10	30	50	70	100
溶解度 (克硝酸鈉 / 仟克水)	81	105	130	153	180

不穩定的溶液——尤其是強鹼弱酸與強酸弱鹼所生成之鹽溶液等——往往容易自行分解，而溫度對其影響尤見顯著。如偏鋁酸鈉 NaAlO_2 水溶液在不同溫度下之穩定性就顯得差別很大。

当然溫度的降低視其化学变化之不同，还会造成其他的影响。为了避免溫度降低，就得保温。保温的要求就是在某一种机械設備中保持所需的溫度范围，以便於進行一定的化学变化。保温程度与保温材料之选择，都須以滿足生產上的要求为原则。

第二節 防止热損失

由於管道与設備等的溫度高于室溫，在大气中散失大量热能，形成蒸气或动力的消耗。所以不論在化学工厂和热电厂都需將溫度在 $45-50^{\circ}\text{C}$ 以上之管道与金屬設備等加以保温。對於保温的要求即保温材料之选择与保温層厚度之决定，应以保温材料及其相联之建筑工程如地溝等之消耗价格与热能損失消耗价格作技術經濟比較而求得。

例如——管道之外徑为 100 毫米。其中輸送溶液平均溫度为 95°C 。周圍空气之平均溫度为 10°C 。保温材料採用石棉纖維混合材料。

保温材料之厚度 (δ_{ns}) 为 20, 40, 60, 80 毫米时，依据热工計算損热量 (q) 分別为 85, 52, 39, 26 仟卡/米-小时。

設每年使用該管道小时数 (m) = 7000 小时，加热該溶液之蒸气热含量 (m) = 500 仟卡/公斤。

設每公斤蒸气价格为人民幣 (y) = 0.005 元。則一年工作時間热損失的單价为 $Z = \frac{y \cdot m}{m} = \frac{0.005 \times 7000}{500} = 0.07 \frac{\text{元} \cdot \text{小时}}{\text{仟卡} \cdot \text{年}}$ 。

故每米管道年热損失值， $q \cdot Z$ ，

当 $\delta_{\text{ns}} = 20, 40, 60, 80$ 毫米时，

$q \cdot Z = 5.95, 3.64, 2.73, 1.82$ 元。

按現時工程單位預算参考資料計算，每米管道的保温層价格 (S_{ns}) 为：当 $\delta_{\text{ns}} = 20, 40, 60, 80$ 毫米时，

$S_{\text{ns}} = 3.9, 9.5, 17.0, 30.0$ 元。

將保温層的年折旧扣除額百分比 (P) 定为保温价格的 13% (苏联一般採用 12—15%) 当

$\delta_{\text{H3}} = 20, 40, 60, 80$ 毫米时,

則 $P \cdot S_{\text{H3}} = 0.507, 1.24, 2.21, 3.9$ 元。

保温層一年的总消耗量將是:

当 $\delta_{\text{H3}} = 20, 40, 60, 80$ 毫米时,

热損失价格为 5.95, 3.64, 2.73, 1.82 元,

保温材料折旧价格为 0.507, 1.24, 2.21, 3.90 元

共 計 6.457, 4.88, 4.94, 5.72 元

上述的年总消耗指明: 在已考慮的情况下, 最經濟的厚度是 40 毫米左右 (不包括保温層外面保护層的厚度)。

較准确的最經濟厚度可以根据計算出來的数字用圖解法求出, 如圖 2。

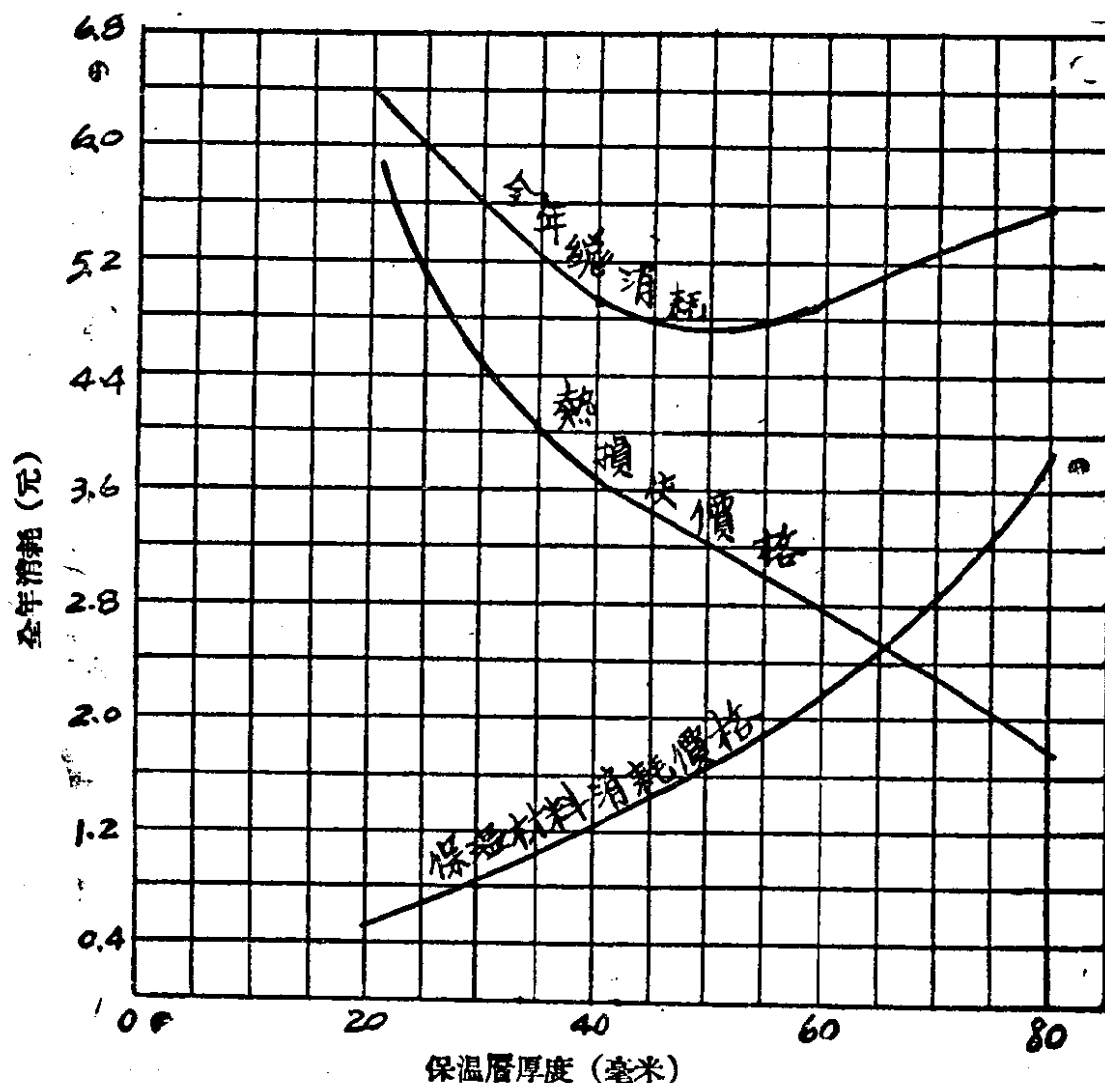


圖 2 不同保温層厚度与全年消耗的关系