

# 第一章 傳導

## 一、熱傳導之定義

〈100警特四、105警大二技〉

在固體或靜止流體（液體或氣體）中，熱傳導（Heat Conduction）是由於物體內分子、原子，及（或）電子之無規則運動所造成；其主要仍存在於固體之熱傳，蓋流體雖亦有傳導之現象，但對流或輻射現象更為明顯。

自熱傳學的微觀觀點而言，熱是藉由鄰近分子間的熱運動程度之不同而交互傳遞；在物體內存在一溫度梯度時，比較「熱」的分子（即其含較高之能量）會透過碰撞、轉動、振動等方式將能量轉予較「冷」的分子。現實生活中以「接龍」方式傳遞、運送物品，即是最類似的例子。

## 二、良導熱體材質之原理

〈100警特四〉

物體傳導熱能的方式可細分為2種：自由電子遷移與晶格震動，前者之效率要高於後者。而在良好導電體如金屬的原子（或分子）中，有大量的自由電子可在結構晶格中移動傳遞能量。反觀在絕緣體如木材、塑膠等材質中，由於缺乏自由電子，故僅透過原子晶格震動的方式傳遞，是以導熱效率遠較前者為差。

由此可推知，良導電體往往也是良導熱體。



### 三、傅利葉導熱定律 (Fourier's Law Of Heat Conduction)

根據此定律，固體內部從高溫區域向低溫區域的熱通量（Heat Flux），與溫度梯度（Temperature Gradient）、物質熱傳導係數成正比，基本公式為：傳導熱通量 = -（熱傳導係數）×（溫度梯度）。溫度梯度簡言之便是導熱體兩端的溫度差。

熱的傳導作用，主要由溫度梯度、傳熱（截）面積、傳導率等因素決定，而熱傳導量可由下列基本公式求之：

$$q = -KA \times \frac{\Delta T}{\Delta d}$$

其中：q = 熱傳導量（W）；

K = 熱傳導係數；

T = 溫度；

d = 距離（m）；

A = 垂直於傳熱方向之截面積（m<sup>2</sup>）。

故火場溫度愈高，其散發的熱能亦愈高，溫度梯度隨之上升。此時，熱傳導係數愈大的物質其導熱也就愈快。這可以解釋為何有些火災能夠透過金屬管線或其他金屬類的物品，延伸到其他部分開始新的燃燒。

### 四、熱傳導係數公式

〈100、105一般警四、105警大二技〉

定義為在單位溫差下，單位時間通過單位面積、單位距離的熱量，稱為該物質之熱傳導係數，此在熱傳學上非常重要。熱傳導係數愈高，則傳熱速度愈快。故火場常有透過金屬物件或管線等良導熱體延伸至他處燃燒的現象。惟在可燃性的觀點，傳熱愈快，則愈不容易起火燃燒，因為在加熱點尚未累積達到燃燒所需的熱能時，熱能即被傳導至物體其他部位。

熱傳導係數之基本計算公式如下：

$$K = \left( \frac{Q}{t} \right) \times \frac{L}{A \times T}$$

### 三、液化石油氣與液化天然氣

(98第一次設備士、100、105一般警四)

#### (一)液化石油氣：

- 1.製程與成分：由原油煉製或天然氣處理過程中所析出的丙烷與丁烷混合而成，在常溫常壓下為氣體，經加壓或冷卻即可液化，通常是加壓裝入鋼瓶中供用戶使用，故又稱之為液化瓦斯或桶裝瓦斯。
- 2.特徵：無色、無味、無毒，燃燒（爆炸）界限在1.8%~9.5%。屬於危險易爆的氣體，故依法規在使用上會添加臭味劑。重量在氣體狀態約較空氣重1.5倍，故容易在角落、低窪處累積。

#### (二)天然氣：

- 1.製程與成分：天然氣主要來源為油田或天然氣田，係古生物遺骸長期沉積地下，經慢慢轉化及變質裂解而產生之氣態碳氫化合物。其主要成分為甲烷，並含有少量之乙烷、丙烷、丁烷等碳氫化合物，及少量之不燃性氣體。主要由瓦斯公司鋪設管線供用戶使用，故又稱導管瓦斯或自來瓦斯。
- 2.特徵：與液化石油氣一樣無色、無味、無毒，燃燒（爆炸）界限在5%~15%之間，亦屬相當易燃之氣體。比重較空氣輕，容易擴散，使用上也添加臭味劑。

#### (三)洩漏處置：

天然氣與液化石油氣若發生洩漏，應採行的反應措施原則上相同，可分為下列數點：

- 1.關緊爐灶（瓦斯爐）開關，若無法關閉，應設法冷卻附近的設備（或瓦斯鋼瓶）。
- 2.熄滅附近一切火源。
- 3.將窗戶打開，使室內空氣流通。
- 4.不可操作電器開關等有發生火花之虞的器具，尤其不可打開抽油煙機或電燈開關。

## 四、火災之特性

### (一)成長性：

只要持續有可燃物，且無其他足以阻斷燃燒之因素，火災即會不斷成長、擴散。其燃燒之面積在一定之風速下與經過時間之平方成正比。在 3~4 m/sec 之風速下，以木造房屋為例，其延燒速度約為每分鐘 2~3 m，因此起火後延燒時間加長，需要之救援人力、物力會成倍數成長。

### (二)不定性：

燃燒現象需要四面體的條件，而各種條件互相影響，極為複雜；又加上氣象、建築物構造、地形地物等各種因素之影響，使火災進行呈現異常複雜、極為不安定之現象。例如：建築物之倒塌、熱對流造成的陣風等，隨時都會造成燃燒方向之急速轉變。此外，現場若有石油化學製品或炸藥等危險物，更可能同時爆炸、產生有毒氣體或濃煙等新的現象。

在灌救時亦須注意有無易與滅火劑發生激烈反應或爆炸危險之物質（例如：電石忌水）。故火災現場隨時可能有突發性危險、新事態發生，消防人員在搶救時，必須隨時提高警覺。

### (三)偶發性：

火災不同於一般之燃燒，其發生是出乎意料、失控的，不論是人為的故意縱火或失火，以及自然原因所形成的火災，均難以事先預測。為了應付火災之偶發性，除針對各種可能發生火災之場所進行預防外，亦必須採取全天候之消防警備狀態，俾便火災發生時，能在最短時間內抵達現場。

## 五、火災之分類

### 〈104一般警四〉

依可燃物燃燒性質之不同，我國仿照日本之火災分類，可分為 A、B、C、D 4類，茲分述如下：

### (一) A 類火災：

即普通火災，以美國防火協會（NFPA）之定義為：「藉水或含水溶液之

### 三、煙氣的流動

〈105一般警四、105警大二技、105消防設備士〉

引起煙氣流動的主要驅動力可區分為自然式和強制式驅動力：

#### (一)自然式驅動力：

包括煙囪效應（Stack Effect）、浮力效應（Buoyancy Effect）、熱膨脹效應（Thermal Expansion Effect）、以及自然風效應（Wind Effect）所引起的驅動力。茲分述如下：

1.煙囪效應<sup>1</sup>：主要出現在有一定高度的建築，是大樓火災時煙氣流動的主要動力；其又可分為正煙囪效應與逆煙囪效應。

(1)正煙囪效應指當建築物外的溫度較低時，在建築物內的樓梯豎井、電梯豎井、機械管道等，其裏面的空氣密度較外界為低，因而形成壓力差，其所產生的浮力作用會使空氣在豎井內上升。反之，逆煙囪效應即指當外界溫度高時，在建築物中的豎井內存在向下的空氣流動，此現象在夏天開有空調的大樓中最常出現。

(2)中性帶：指在建築中內外壓力之中間線，以煙囪效應為例，在此高度以上的空氣係向外排出，在此高度以下者則向內被吸入建築內。中性帶的高度主要與建築上、下開口面積及建築內外溫度差有關，有一公式計算之：

$$\frac{H_{上}}{H_{下}} = \frac{(A_{上})^2}{(A_{下})^2} \times \frac{T_{內}}{T_{外}}$$

其中：H<sub>上</sub>、H<sub>下</sub> 表上、下開口與中性帶之距離；

A<sub>上</sub>、A<sub>下</sub> 分別表上部開口與下部開口之面積；

T<sub>內</sub>、T<sub>外</sub> 表建築物內外之溫度。

2.浮力效應：指火場產生的高溫煙氣與周遭環境的常溫空氣，由於密度差異誘導出兩流體間的壓力差異，因而造成一股上升氣流的現象。

3.熱膨脹效應：隨著火場溫度逐漸提升，其中的空氣體積也隨之膨脹，當熱空氣排出火場空間時，外部空氣亦隨之遞補進來。以溫度 800°C 的火

<sup>1</sup>參陳弘毅，1999，《火災學》，鼎茂，頁4-13。

場而言，若不考慮其他因素，加熱後流出的空氣體積約較流入的新鮮空氣體積膨脹約3.7倍，因而形成房間內外的壓差。對於密閉性良好的著火房間，熱膨脹所產生的壓差對於火勢的後續發展可能非常地重要。

- 4.自然風效應：建築物外部的自然風對於內部煙氣的流動與排出，常有顯著的影響。

當排煙口面對上風處時，中性帶上升，外部風會阻礙煙氣排出，甚至造成煙氣在建築中蔓延地更快。反之，若排煙口位於下風處，排煙是順風的，由於室外風力的吸引作用，有利於自然排煙，風速愈高愈有利。

### (二)強制式驅動力<sup>2</sup>：

則包括供暖、通風和空調系統效應（HVAC System Effect）以及升降機活塞效應（Elevator Piston Effect）所引起的驅動力。茲分述如下：

- 1.空調系統效應：使建築整體空氣流通的空調系統，在火災初期能夠將煙擴散至有人或警報器的區域，促使先一步的預警；但其亦有加速火災中期以後的濃煙擴散的負面效應，甚至反而提供空氣，使燃燒加劇。因此，當發覺火災後，應立即關閉空調系統。
- 2.升降機活塞效應：當升降機（電梯等）上下移動時，電梯井內亦形成一個具有壓差的通風管道，煙氣容易在一升一降之間竄入通道，進而蔓延至建築物的其他部位。

## 四、火災時對人命危害之要素

### (一)濃煙和毒性氣體<sup>3</sup>：〈105一般警四〉

- 1.濃煙易造成五官的刺激，引起眼睛視線不清而使人不易找到逃生門。此外，耳朵受濃煙改變壓力的影響，聽力受影響、不易聽清廣播。同時，鼻及口受濃煙之刺激而造成呼吸困難或咳嗽。最後，也會因濃煙而形成心裡的惶恐及不安，影響神志而錯失逃生機會。
- 2.毒氣：在建築物火災時，時常會因為建築物內部元件及收容物與火源接

<sup>2</sup>參黃伯全，〈火災工學〉，頁15~18。

<sup>3</sup>參鄧子正，1999，《火災科學的基本概念》，警大，頁255。

## 六、積汗導電與金原效應

〈104設備師、104一般警三、105一般警四、105警大二技、105消防設備士〉

此2種現象均屬電熱流火災之現象，茲略述如下：

### (一)積汗導電：

一種常見的短路現象，稱之積汗導電，指承受電壓之異極導體間，雖有絕緣物阻隔，若該絕緣物的表面附著有水分及灰塵或含有電解質之液體、金屬粉塵等導電性物質時，絕緣物的表面會流通電流而產生焦耳熱，結果引起表面局部性水分之蒸發，而該等帶電之附著物間，發生小規模的放電，周而復始，絕緣物表面的絕緣性因此受到破壞，形成異極間導電通路。簡而言之，常見的插頭兩端之間若久未使用，容易堆積些許灰塵，此時若濕度提升，兩極之間即透過吸水之灰塵導電，短路而形成過量電流高熱。

### (二)金原現象：

主要指橡膠、木材、塑膠等絕緣物，因電流之熱而逐漸碳化，此碳化之部分有許多種分子形式，大多數並不具有導電性，但當其形成石墨，即具有良好之導電性，進而導致類似於積汗導電的短路現象。

事實上金原現象與積汗導電廣義上相當類似，以日本學界之分類，其短路原因皆屬「形成碳化導電路」，是以，金原現象也可以算是積汗導電之一種。

## 七、電線走火的防範措施

為避免電線走火，應採取下列方式<sup>5</sup>：

### 一、拔插頭之方式：

拔下延長線插頭時，應手握插頭取下，不可僅拉電線，此易造成電線內部銅線斷裂。電線內部銅線部分斷裂稱為半斷線，當電流流過半斷線時，因

<sup>5</sup> 參台東縣消防局，防範電器火災手冊，[http://www.tffd.gov.tw/edu\\_fire\\_05.php?PHPSESSID=f362c2304f4288460a49bcfce6d35c96&Print=1&PHPSESSID=f362c2304f4288460a49bcfce6d35c96](http://www.tffd.gov.tw/edu_fire_05.php?PHPSESSID=f362c2304f4288460a49bcfce6d35c96&Print=1&PHPSESSID=f362c2304f4288460a49bcfce6d35c96)。(2012/02/29瀏覽)

電路突然變窄，造成過負荷而產生高熱。

### 二、延長線放置方式：

延長線不可壓在傢俱或重物下方，以避免發生損壞產生危險。電線內部銅線容易因此造成部分斷裂而負荷過高產生高熱。

### 三、延長線使用方式：

使用延長線時，應注意不可將其綑綁。由於電線經綑綁後，熱量很難流通，因此，溫度升高而將塑膠融解，造成銅線短路著火。

### 四、延長線放置位置之禁止：

延長線避免放置爐具上方。因爐火高溫將塑膠融解，造成銅線短路著火。

### 五、定時檢查：

檢查延長線是否老舊、破損。電線容易因此造成短路、漏電或感電等危險，應立即更新。

### 六、延長線是否產生發燙或異味：

檢查使用中之延長線是否有發燙或異味產生。此為過負荷現象，應立即停止使用該高電量之電器。

### 七、插頭是否過載：

計算並確認插頭是否過載。



### 過載算法：

假設您家中電子鍋耗電功率為 660W（瓦特），除以110伏特的額定電壓，所得即為所需的電量即為 6A（安培）；當多種電器同時插在延長線使用時，所需的電流總和超過延長線負荷電流時（視沿長線廠牌及種類而定），並超過插座容許電流 15A（安培），即為過載。





## 課後評量

### 問答題

- ▲如果您是消防設備士，新任職於某一企業，負責該企業某一老舊廠區消防相關業務。該企業及工廠以往一向不重視消防亦無常任消防專責人員，請問您應如何擬定火災發生時之緊急應變計畫？〈85消防設備士〉
- ▲一棟30層純鋼骨結構（非鋼骨鋼筋混凝土結構）之辦公大樓，現就消防的觀點，請問在施工中應注意土木及建築工程（消防工程、滅火系統、警報及避難等系統除外）之重點為何？〈85消防設備士〉
- ▲某都會區之老舊木造建築區內均為普通木構造建築物，其延燃係數為0.04，已知某棟建築物高10公尺，試依日本木構造建築物火災溫度曲線，求其鄰棟建築物理論上應維持多少防火距離？〈87警特三〉
- ▲已知某建築物室內空間形狀為長 8m、寬 5m、高 3m，今有一起小規模火災（1.5m×1.5m）發生在室內某處，請試預估當濃煙煙層（Smoke Layer）下降到離地板高度 1.5m 處約需多少時間？〈87警特三〉
- ▲試述高樓內部裝潢之不燃化設計之方法及我國目前法令對此有何規定。
- ▲依建築技術規則，防火建築物之防火區劃有何規定？
- ▲依建築技術規則建築設計施工編防火建築物防火設備之規定？
- ▲依建築技術規則，排煙設備之構造應依何規定設置？
- ▲依建築技術規則，高層建築物建築結構評估依據有何規定？
- ▲依建築技術規則，高層建築物應設置防災中心有何規定？
- ▲依建築技術規則建築設備編，試述設置緊急照明燈、緊急供電設備等之相關規定？
- ▲依建築技術規則，試述地下建築物之自動撒水設置、滅火器之消防隊專用出水口裝設之規定。

- ▲依建築技術規則，試述地下建築物應設之警報設備，與其應連接緊急電源之規定。
- ▲試引建築技術規則，說明地下通道之排煙設備、緊急排水設備、緊急照明設備及通風系統設置規定。
- ▲、地下建築物發生火災事故時，因結構與密閉建築物空間相似，且人員與煙均往上方移動，常使人員陷入危險狀況。請說明完善的地下建築物防火計畫應具備之特點為何？〈105消防設備師〉