

# 熱傳學講義

補充資料

501015-S



社團法 人 考友社 出版發行

## 熱傳學補充資料 目錄

附錄一	表格.....	1
附錄二	層流邊界層方程式之真實解.....	20
附錄三	黑斯勒圖表之分析關係.....	27

# 熱傳學 補充資料

## 附錄一 表格

表(一) 誤差函數

$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$
0.00	0.00000	0.76	0.71754	1.52	0.96841
0.02	0.02256	0.78	0.73001	1.54	0.97059
0.04	0.04511	0.80	0.74210	1.56	0.97263
0.06	0.06762	0.82	0.75381	1.58	0.97455
0.08	0.09008	0.84	0.76514	1.60	0.97636
0.10	0.11246	0.86	0.77610	1.62	0.97804
0.12	0.13476	0.88	0.78669	1.64	0.97962
0.14	0.15695	0.90	0.79691	1.66	0.98110
0.16	0.17901	0.92	0.80677	1.68	0.98249
0.18	0.20094	0.94	0.81627	1.70	0.98379
0.20	0.22270	0.96	0.82542	1.72	0.98500
0.22	0.24430	0.98	0.83423	1.74	0.98613
0.24	0.26570	1.00	0.84270	1.76	0.98719
0.26	0.28690	1.02	0.85084	1.78	0.98817
0.28	0.30788	1.04	0.85865	1.80	0.98909
0.30	0.32863	1.06	0.86614	1.82	0.98994
0.32	0.34913	1.08	0.87333	1.84	0.99074
0.34	0.36936	1.10	0.88020	1.86	0.99147
0.36	0.38933	1.12	0.88079	1.88	0.99216
0.38	0.40901	1.14	0.89308	1.90	0.99279
0.40	0.42839	1.16	0.89910	1.92	0.99338
0.42	0.44749	1.18	0.90484	1.94	0.99392
0.44	0.46622	1.20	0.91031	1.96	0.99443
0.46	0.48466	1.22	0.91553	1.98	0.99489
0.48	0.50275	1.24	0.92050	2.00	0.995322
0.50	0.52050	1.26	0.92524	2.10	0.997020
0.52	0.53790	1.28	0.92973	2.20	0.998137
0.54	0.55494	1.30	0.93401	2.30	0.998857
0.56	0.57162	1.32	0.93806	2.40	0.999311
0.58	0.58792	1.34	0.94191	2.50	0.999593

501015-S

$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$	$\text{erf} \frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}$
0.60	0.60386	1.36	0.94556	2.60	0.999764
0.62	0.61941	1.38	0.94902	2.70	0.999866
0.64	0.63459	1.40	0.95228	2.80	0.999925
0.66	0.64938	1.42	0.95538	2.90	0.999959
0.68	0.66278	1.44	0.95830	3.00	0.999978
0.70	0.67780	1.46	0.96105	3.20	0.999994
0.72	0.69143	1.48	0.96365	3.40	0.999998
0.74	0.70468	1.50	0.96610	3.60	1.000000

表(二) 金屬之性質

金屬	20°C之性質					導熱性 $k \cdot W/m \cdot ^\circ C$							
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg · °C	$k$ , W/m · °C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^6$	-100°C -148°F	0°C 32°F	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 1112°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F
鋁： 純鋁 Al-Cu (杜拉鋁) 94-96% Al, 3-5% Cu, 少量 Mg Al-Si (矽拉明合金 ，銅軸承)， 86.5% Al, 1% Cu Al-Si (Alusil), 78-80% Al, 20-22% Si Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2.707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	228	249			
鉛	11.373	0.130	35	2.343	36.9	35.1	33.4	31.5	29.8				
鐵： 純鐵 鋼 鐵鋼，0.5% C (C max $\approx$ 1.5%) 碳鋼 C $\approx$ 0.5% 1.0% 1.5% 鎳鋼 Ni $\approx$ 0% 20%	7.897 7.849	0.452 0.46	73 59	2.034 1.626	87	73 59	67 57	62 52	55 48	48 45	40 36	36 33	35 33
	7.833 7.801 7.753	0.465 0.473 0.486	54 43 36	1.474 1.172 0.970	55 43 36	52 43 36	48 42 36	45 40 35	42 36 33	31 29 28	29 28 28	29 28 28	31 29 29

金屬	20°C 之性質				導熱性 $k \cdot W / m \cdot ^\circ C$									
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg · °C	$k$ , W/m · °C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^5$	-100°C -148°F	0°C 32°F	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 1112°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F	1200°C 2192°F
40%	8,169	0.46	10	0.279										
80%	8,618	0.46	35	0.872										
鈹鋼 36% Ni 鎢鋼	8,137	0.46	10.7	0.286										
Cr = 0%	7,897	0.452	73	2.026	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
1%	7,865	0.46	61	1.665		62	55	52	47	42	36	33	33	
5%	7,833	0.46	40	1.110		40	38	36	36	33	29	29	29	
20%	7,689	0.46	22	0.635		22	22	22	22	24	24	26	29	
Cr-Ni (鎳鉻 鋼) : 15% Cr														
10% Ni	7,865	0.46	19	0.527		16.3	17	17	19	19	22	27	31	
18% Cr, 8% Ni														
(V2A)	7,817	0.46	16.3	0.444										
20% Cr, 15% Ni	7,833	0.46	15.1	0.415										
25% Cr, 20% Ni	7,865	0.46	12.8	0.361										
鎢鋼														
W = 0%	7,897	0.452	73	2.026										
1%	7,913	0.448	66	1.858										
5%	8,073	0.435	54	1.525										
10%	8,314	0.419	48	1.391										
銅 :														
純銅	8,954	0.3831	386	11.234	407	386	379	374	369	363	353			
鋁青銅														
95% Cu, 5% Al	8,666	0.410	83	2.330										
青銅 75% Cu,														
25% Sn	8,666	0.343	26	0.859										
紅銅 85% Cu,														
9% Sn, 6% Zn	8,714	0.385	61	1.804		59	71							
黃銅 70% Cu,														
30% Zn	8,522	0.385	111	3.412	88	128	144	147	147					

金 屬	20°C 之性質				導熱性 $k \cdot W/m \cdot ^\circ C$										
	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg $\cdot$ $^\circ C$	$k$ , W/m $\cdot$ $^\circ C$	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^6$	-100°C -148°F	0°C 32°F	100°C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 1112°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F	1200°C 2192°F	
白銅 62% Cu, 15% Ni, 22% Zn 康史坦登 60% Cu, 40% Ni 鎂: 純鎂	8,618 8,922 1,746	0.394 0.410 1.013	24.9 22.7 171	0.733 0.612 9.708	19.2 21 178	31 22.2 168	40 26 163	45 48							
Mg-Al (electrolytic) 6-8% Al, 1-2% Zn 鋁: 純鋁 (99.9%) Ni-Cr 90% Ni, 10% Cr 80% Ni, 20% Cr 銀: 極純 純銀 (99.9%) 純錫 純鎢 純鈹	1,810 10,220 8,906 8,666 8,314 10,524 10,525 7,304 19,350 7,144	1.00 0.251 0.4459 0.444 0.444 0.2340 0.2340 0.2265 0.1344 0.3843	66 123 90 17 12.6 419 407 64 163 112.2	3.605 4.790 2.266 0.444 0.343 17.004 16.563 3.884 6.271 4.106	52 125 93 17.1 12.3 419 410 74 166 112	62 118 83 18.9 13.8 415 415 59 151 109	74 114 73 20.9 15.6 412 374 57 142 106	83 109 64 22.8 17.1 24.6 18.0	106 102	22.5			99	92	

## 501015-S

表(三) 非金屬之性質

物 質	溫度 °C	$k$ W/m·°C	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c$ kJ/kg·°C	$\alpha$ m <sup>2</sup> /s×10 <sup>7</sup>
構造用及防熱性材料					
瀝青	20 ~ 55	0.74 ~ 0.76			
磚：					
一般建築磚	20	0.69	1600	0.84	5.2
表面建築磚					
碳化矽磚		0.32	2000		
	600	18.5			
	1400	11.1			
銘磚	200	2.32	3000	0.84	9.2
	550	2.47			9.8
	900	1.99			7.9
經模製及繞結之矽 藻土磚	200	0.24			
	870	0.31			
耐火磚，燒至 2426°F	500	1.04	2000	0.96	5.4
	800	1.07			
	1100	1.09			
燒至 2642°F	500	1.28	2300	0.96	5.8
	800	1.37			
	1100	1.40			
耐火磚(密蘇里)	200	1.00	2600	0.96	4.0
	600	1.47			
	1400	1.77			
菱鎂磚	200	3.81		1.13	
	650	2.77			
	1200	1.90			
波特蘭水泥		0.29	1500		
灰泥	23	1.16			
煤灰混凝土	23	0.76			
石頭 1-2-4 混合	20	1.37	1900 ~ 2300	0.88	8.2 ~ 6.8
窗玻璃	20	0.78 (avg)	2700	0.84	3.4
硼矽酸玻璃	30 ~ 75	1.09	2200		
石膏	20	0.48	1440	0.84	4.0
金屬板條用石膏	20	0.47			
木板條用石膏	20	0.28			
岩石：					
花崗石		1.73 ~ 3.98	2640	0.82	8 ~ 18
石灰石	100 ~ 300	1.26 ~ 1.33	2500	0.90	5.6 ~ 5.9
大理石		2.07 ~ 2.94	2500 ~ 2700	0.80	10 ~ 13.6
砂石	40	1.83	2160 ~ 2300	0.71	11.2 ~ 11.9
木材(橫切紋向)：					
波薩木，8.8lb/ft <sup>3</sup>	30	0.055	140		
柏木	30	0.097	460		
樅木	23	0.11	420		
楓或橡木	30	0.166	540	2.72	0.96
黃松	23	0.147	640	2.4	1.28
白松	30	0.112	430	2.8	0.82