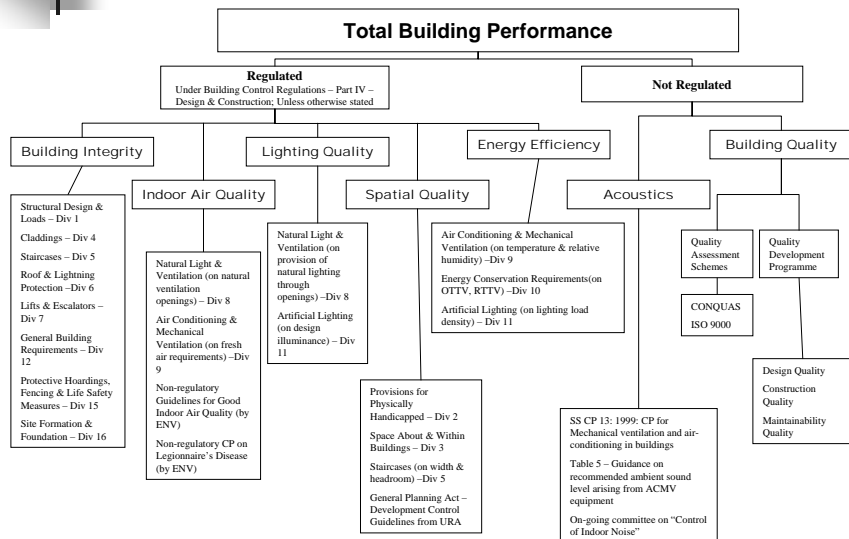


建築熱環境(一)

李魁鵬

- 室內舒適環境
- 傳熱
- 濕氣與結露
- 外界氣候

新加坡建築節能法規架構



室內舒適環境-室內環境基準

室內環境基準		
項目	基準	註
(1) 游塵量	0.15mg/m ³ 以下 (以10μm之游塵為計量值)	
(2) CO	10PPM	9PPM (ASHRAE)
(3) CO ₂	1000PPM	2500 PPM (ASHRAE)
(4) 溫度	17~28°C (室內外溫度不要太大)	有空調設備時
(5) 相對濕度	40~70%	
(6) 氣流	0.5m/sec以下	

室內舒適環境-室內環境基準

美國Ashrae(冷凍空調學會)訂定之各場所之換氣量

場所	1973(cfm/人)		1981(cfm/人)		1989(cfm/人)
	最小	推薦	不吸菸	吸菸	
餐廳	10	15-20	7	35	20
酒吧雞尾酒廊	30	35-40	10	50	30
旅館會議室	20	25-30	7	35	20
辦公室	15	15-25	5	20	20
辦公會議室	25	30-40	7	35	20
零售店	7	10-15	5	25	0.2-0.3b
美容院	25	30-35	20	35	25
舞場	15	20-25	7	35	25
觀眾席	20	25-30	7	35	15
戲院大廳	5	5-10	7	35	15
後車室	15	20-25	7	35	15
教室	10	10-15	5	25	15
病房	10	15-20	7	35	25
住宅	5	7-10	10	10	0.35c
吸菸室	-	-	-	-	60

[註] a. 10 cfm = 5 L/s b. 本值單位為 cfm/sqft 地板面積 (1 cfm/sqft = 5 L/s sq m)
c. 住宅通風換氣單位為：cfm/人(1973), cfm/room(1981), 每小時換氣次數(1989)

ASHRAE Std. 62- 2004

TABLE 6-1 MINIMUM VENTILATION RATES IN BREATHING ZONE (Continued)
(This table is not valid in isolation; it must be used in conjunction with the accompanying notes.)

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class
	cfm/person	L/s/person	cfm/ft ²	L/sm ²		Occupant Density (see Note 4)	Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person	L/s/person	
Office Buildings									
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1
Miscellaneous Spaces									
Bank vaults/safe deposit	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	2
Computer (not printing)	5	2.5	0.06	0.3		4	20	10.0	1
Pharmacy (prep. area)	5	2.5	0.18	0.9		10	23	11.5	2
Photo studios	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1
Shipping/receiving	-	-	0.12	0.6	B	-	-	-	1
Transportation waiting	7.5	3.8	0.06	0.3		100	8	4.1	1
Warehouses	-	-	0.06	0.3	B	-	-	-	2

室內舒適環境-室內環境基準

第一〇二條 (通風量) 建築物供各種用途使用之空間, 設置機械通風設備時, 通風量不得小於下表規定:

房間用途	樓地板面積每方公尺所需通風量(立方公尺/小時)	
	前條第一、二兩款通風方式	前條第三款通風方式
臥室、起居室、私人辦公室等容納人數不多者	8	8
辦公室、會客室	10	10
工友室、警衛室、收發室、詢問室	12	12
會議室、候車室、候診室等容納人數較多者	15	15
展覽陳列室、理髮美容院	12	12
百貨商場、舞蹈、棋室、球戲等康樂活動室、灰塵較少之工作室、印刷工場、打包工場	15	15
吸煙室、學校及其他供指定人數使用之餐廳	20	20
營業用餐廳、酒吧、咖啡館	25	25
戲院、電影院、演藝場、集會堂之觀眾席	75	75
廚房	營業用	60
	非營業用	35
配膳室	營業用	25
	非營業用	15
衣帽間、更衣室、盥洗室、樓地板面積大於 15 平方公尺之發電或配電室	-	10
茶水間	-	15
住宅內浴室或廁所、照相暗室、電影放映機室	-	20
共浴室或廁所, 可能散發毒氣或可燃氣體之作業工廠	-	30
汽車庫、蓄電池間	-	35

室內舒適環境-熱環境品質

冷熱感覺的要素:

A. 外周環境的要素

- 氣溫
- 濕度
- 周壁溫度
- 氣流

B. 人體狀況的要素

- 工作強度(代謝率)
- 著衣量

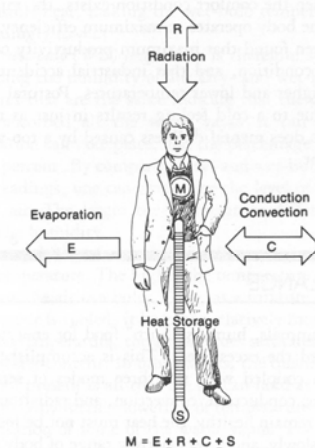


FIGURE 1.2. Heat balance of human body interacting with its environment.

室內舒適環境-熱環境品質

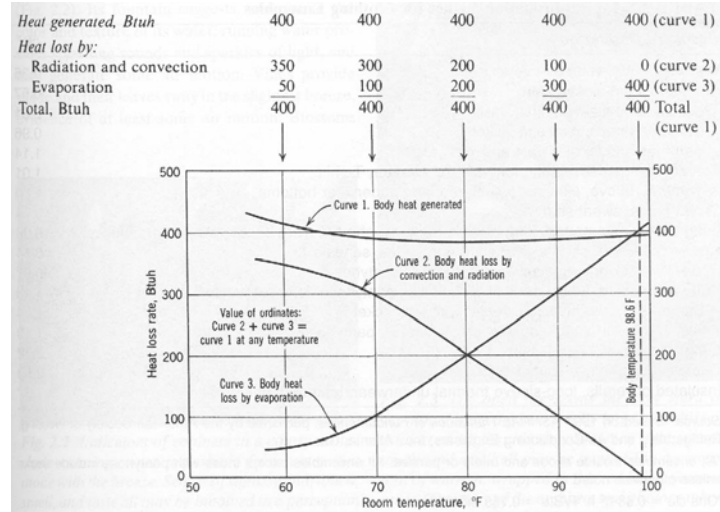


Fig. 2.1 Heat generated and lost (approximate) by a person at rest (rh fixed at 45%).

室內舒適環境-熱環境品質

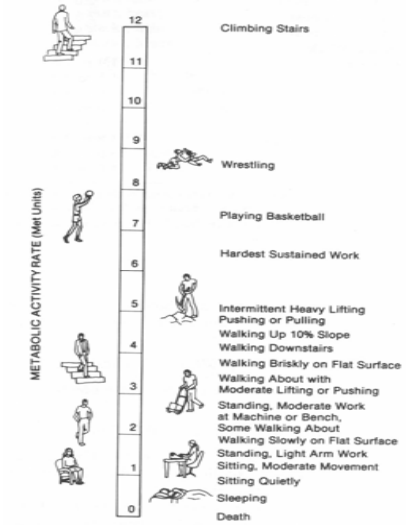


FIGURE 1.6. Scale of activity level variations (in met units).

室內舒適環境-熱環境品質

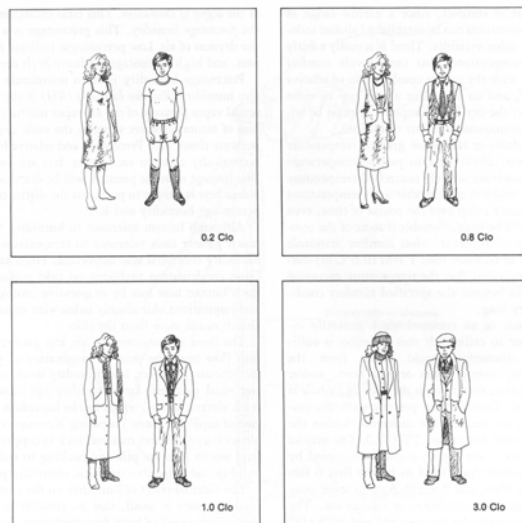


FIGURE 1.8. Illustration of a range of clo values.

室內舒適環境-熱環境品質

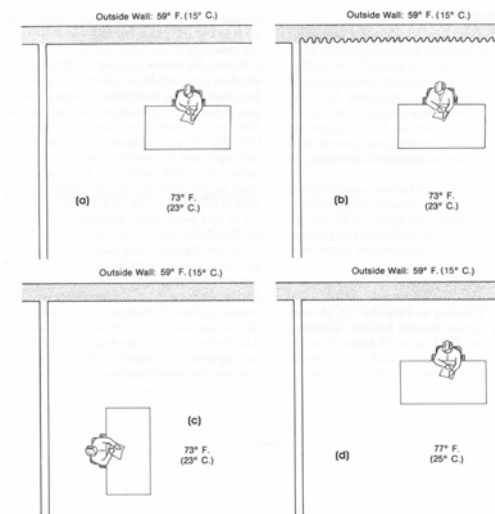
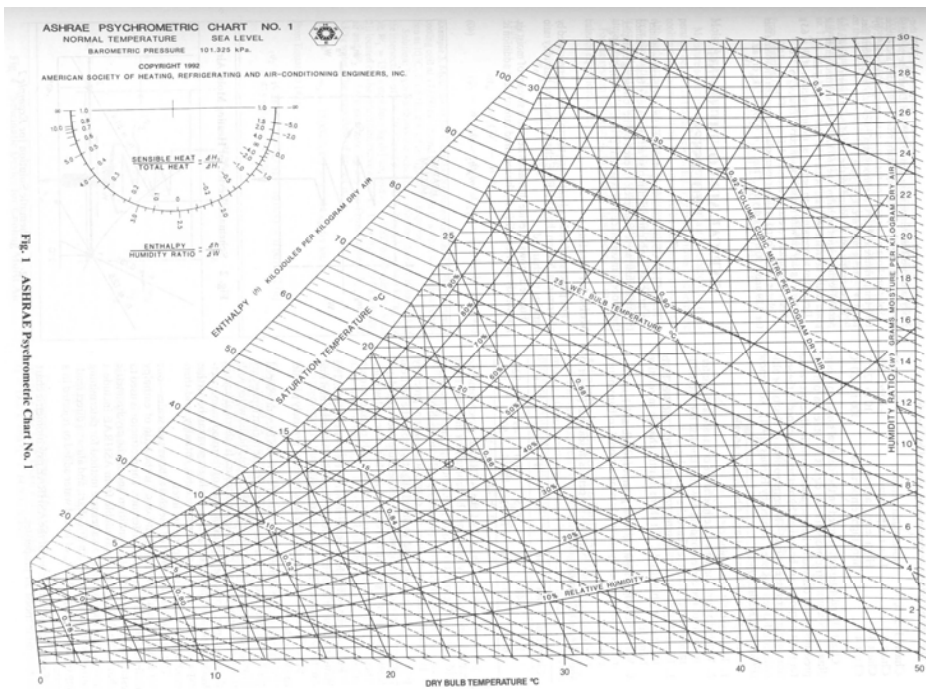


FIGURE 1.4. Alternative methods of achieving radiant comfort.



室內舒適環境-Psychrometric chart

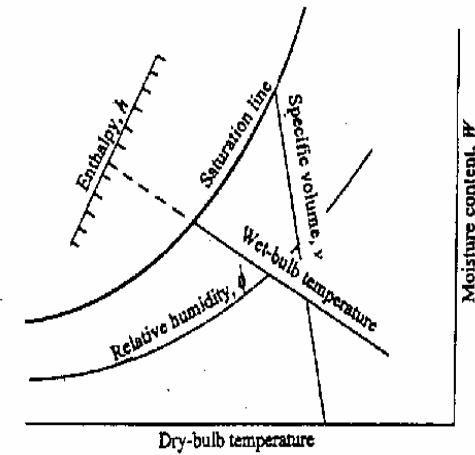


FIGURE 6.22
 A skeleton psychrometric chart.

室內舒適環境-濕球溫度計

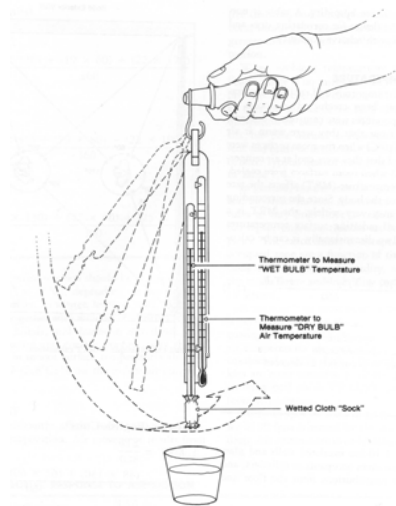


FIGURE 1.9. Sling psychrometer.

室內舒適環境-Dew point temperature

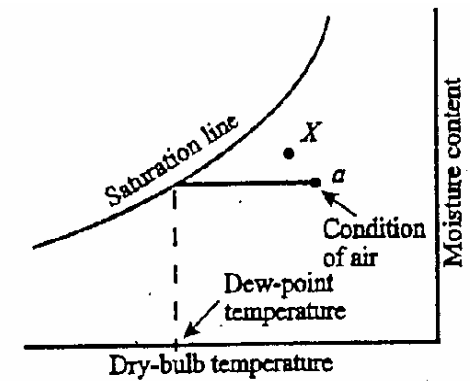
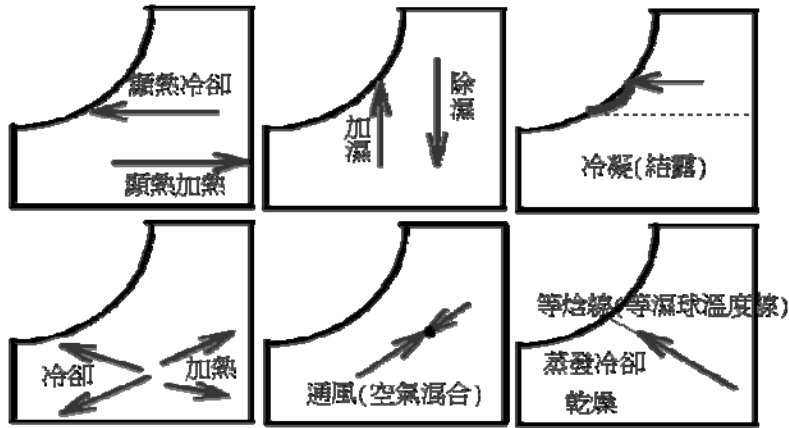


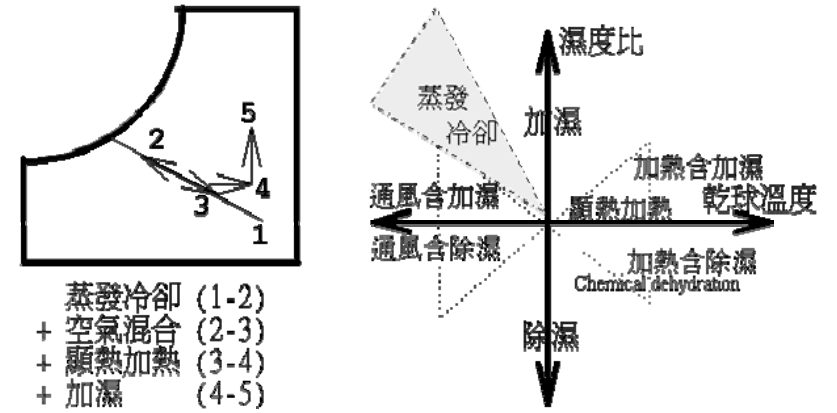
FIGURE 6.24
 Dew-point temperature of air.

室內舒適環境-Psychrometric chart



<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/psv/Cea2-4.htm>
 台大生物產業機電系 方煒教授

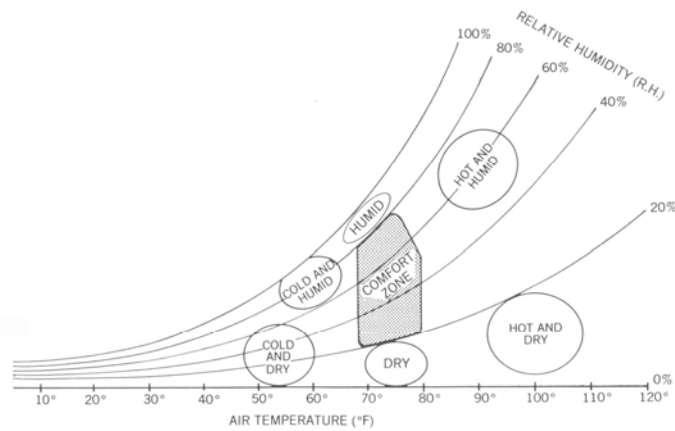
室內舒適環境-Psychrometric chart



- 蒸發冷卻 (1-2)
- + 空氣混合 (2-3)
- + 顯熱加熱 (3-4)
- + 加濕 (4-5)

<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/psv/Cea2-4.htm>
 台大生物產業機電系 方煒教授

室內舒適環境-熱環境品質



The comfort zone and various types of discomfort outside that zone are shown on the psychrometric chart.

室內舒適環境-熱環境品質

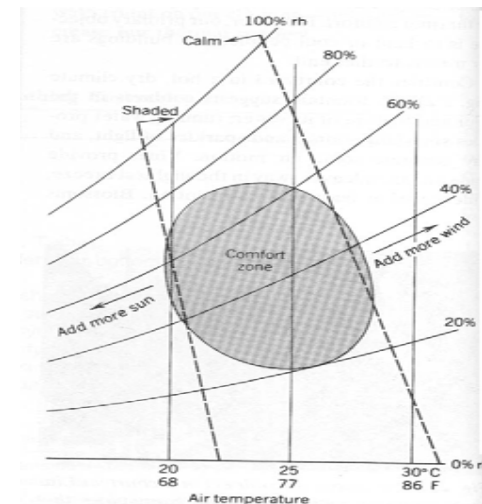
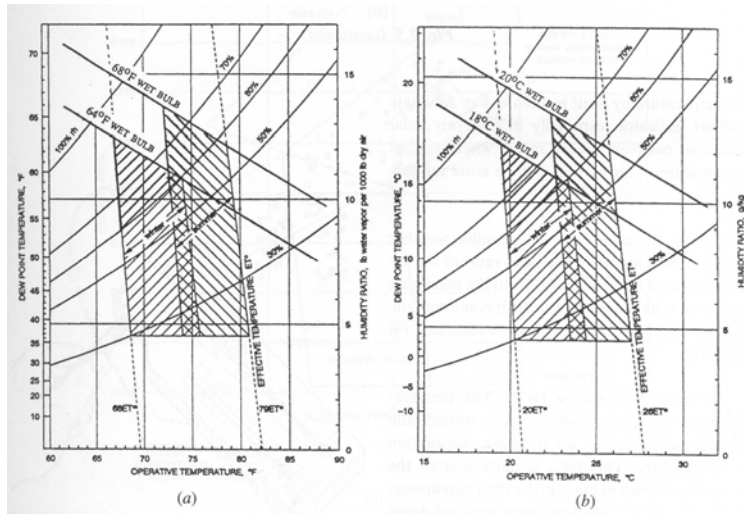
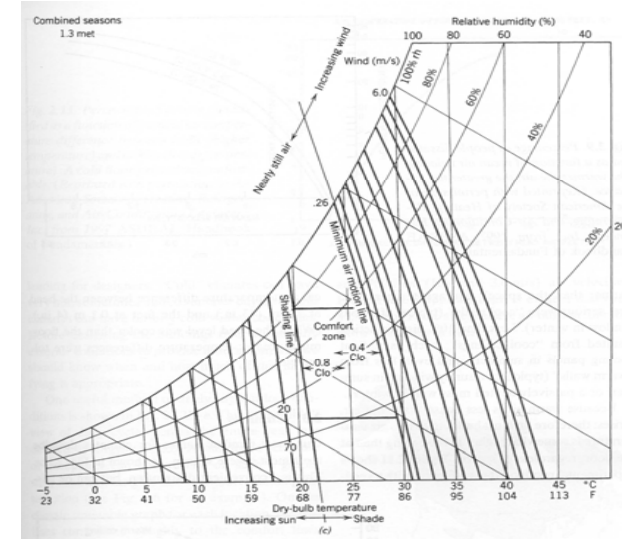


Fig. 2.4 Comfort zones defined by relative humidity and air temperature.

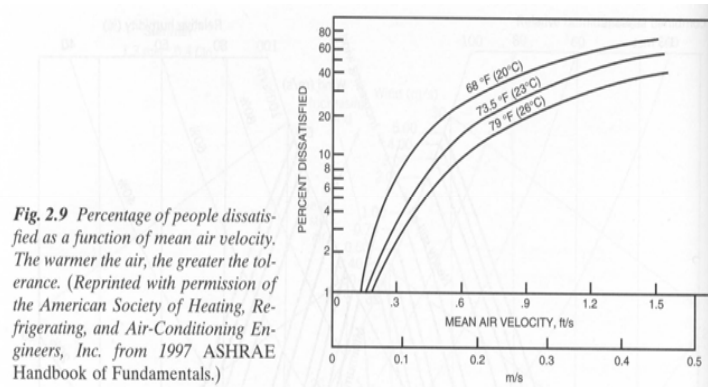
室內舒適環境-熱環境品質



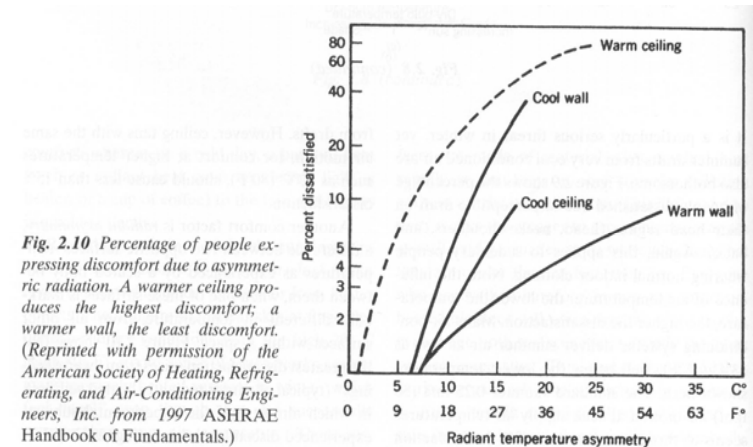
室內舒適環境-熱環境品質



室內舒適環境-熱環境品質

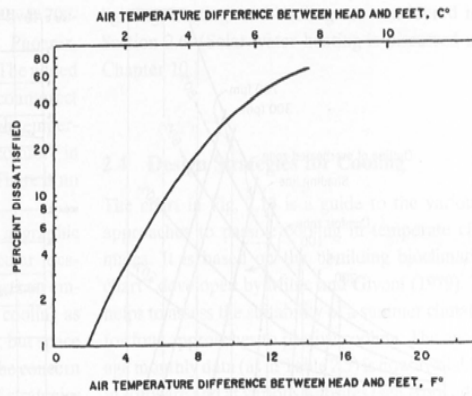


室內舒適環境-熱環境品質



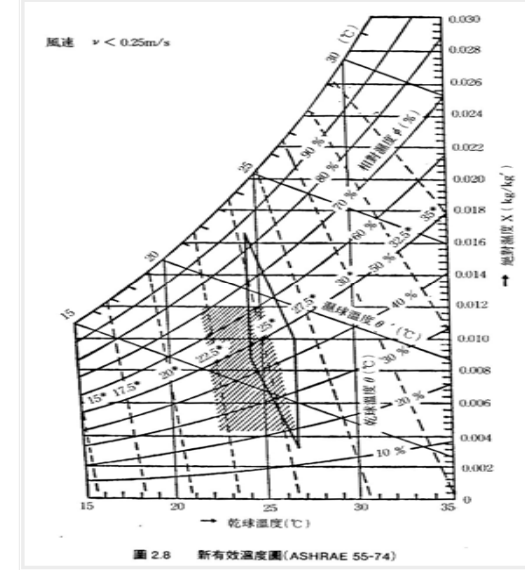
室內舒適環境-熱環境品質

Fig. 2.11 Percentage of people dissatisfied as a function of vertical air temperature difference between head (higher temperature) and ankles (lower temperature). A cold floor proved uncomfortable. (Reprinted with permission of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. from 1997 ASHRAE Handbook of Fundamentals.)



25

室內舒適環境-新有效溫度ET*, PMV



26

室內舒適環境-Passive cooling design

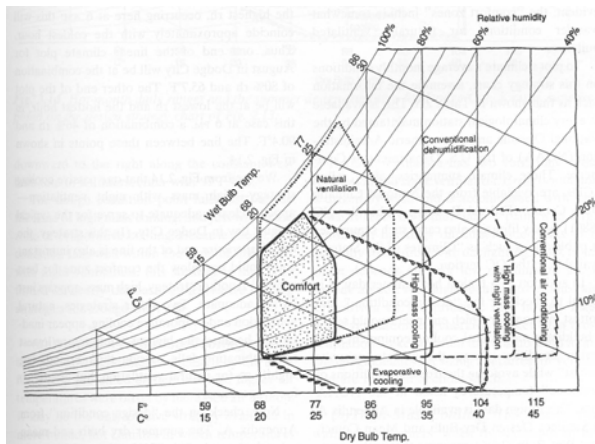
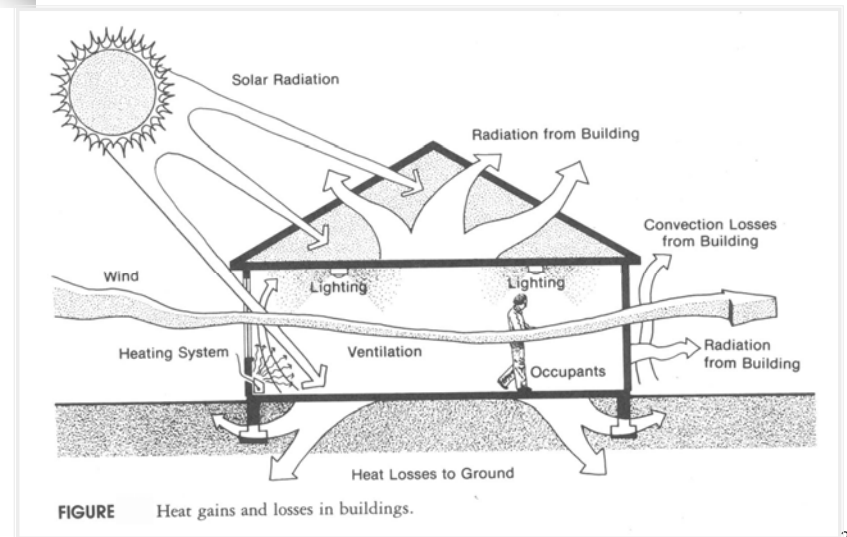


Fig. 2.13 Passive cooling design strategies by climate. Buildings usually contain sources of heat. The more heat that is generated within the building, the more an artificially warmer climate is created. Thus, after plotting the outdoor climate data on this chart, consider how shifting these plots would affect your design strategy. The more solar gains allowed inside, electric lights, and business machines, etc., the further your plots shift to the right. The more people, cooking, bathing, and other heat-plus-moisture sources, the further your plots move both upward and to the right. (Based on Milne and Givoni, 1979.)

27

傳熱



28

傳熱-傳導、對流、輻射

傳熱的三現象：

A. 傳導

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

B. 對流

$$q = -hA (T_s - T_f)$$

C. 輻射

$$q = A_s \epsilon_s \sigma (T_s^4 - T_e^4)$$

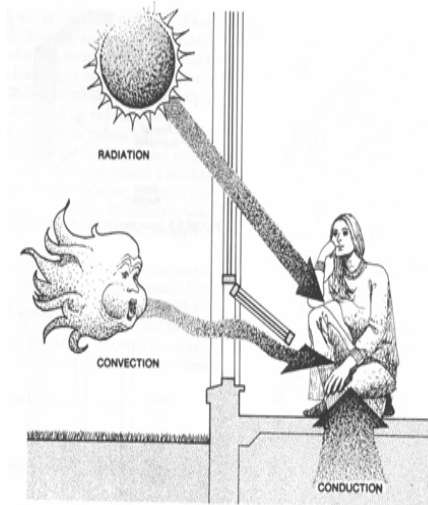


FIGURE 2.5. The three modes of heat transfer.

傳熱-穩定傳熱

穩定傳熱計算：

$$Q = U \times (T_H - T_L) \times A$$

其中

Q = 熱傳量 (W)

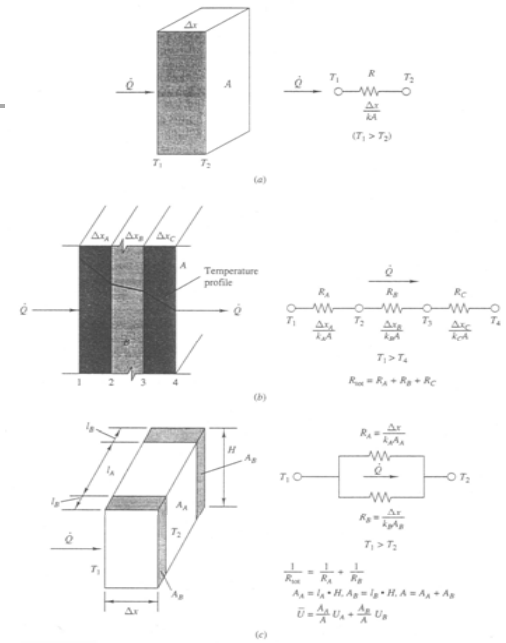
U = 熱傳率 (W/m².°C)

R = 熱阻

$$= 1/U \text{ (m}^2 \cdot \text{°C/W)}$$

A = 熱傳面積 (m²)

T = 溫度 (°C)



Electric-resistance analog to (a) heat flow, (b) multiple-layer series-resistance heat flow, and (c) to multiple-layer parallel-resistance heat flow.

傳熱-U值計算範例

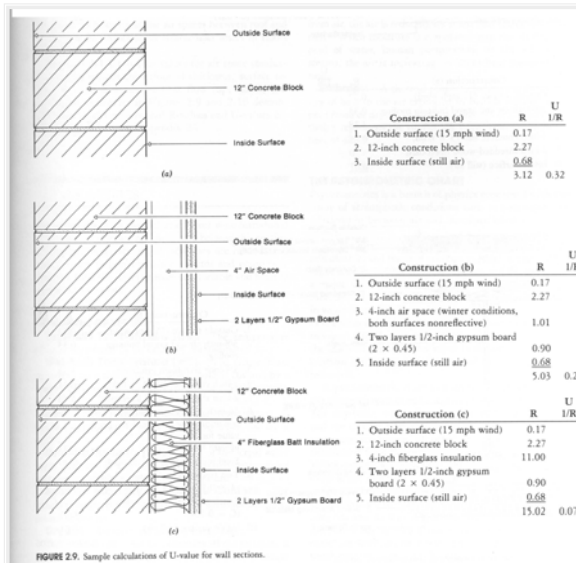


FIGURE 2.9. Sample calculations of U-value for wall sections.

傳熱-熱質量效應

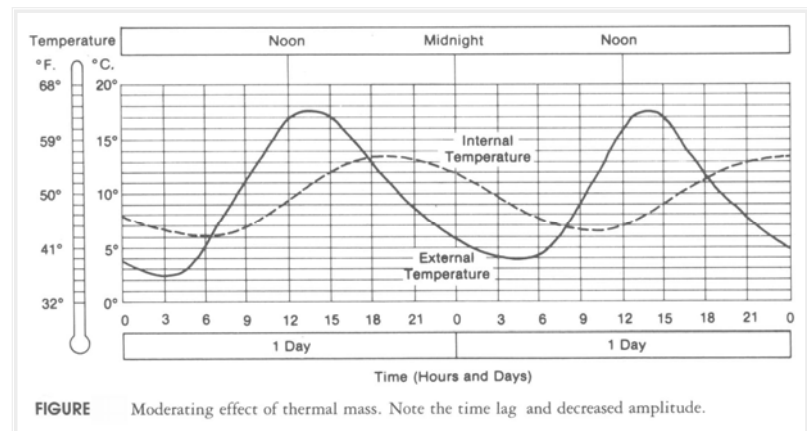
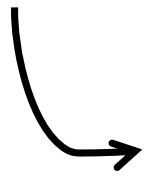


FIGURE Moderating effect of thermal mass. Note the time lag and decreased amplitude.

傳熱-CLTD,CLF Method for Cooling Load

- Cooling Load Temperature Difference
- Cooling Load Factor

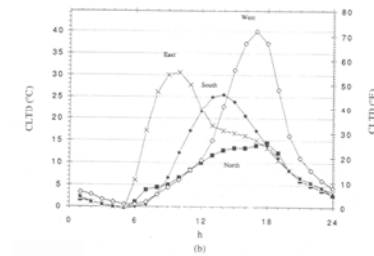
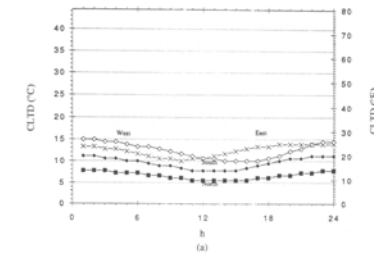
$$\dot{Q}_{c,cond} = U \times A \times (T_o - T_i)$$



$$\dot{Q}_{c,cond,t} = U \times A \times CLTD_t$$

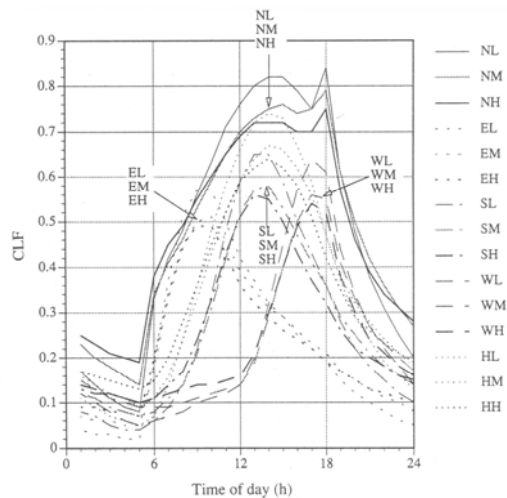
$$\dot{Q}_{c,rad,t} = \dot{Q}_{max} \times CLF_t$$

傳熱-CLTD,CLF Method for Cooling Load



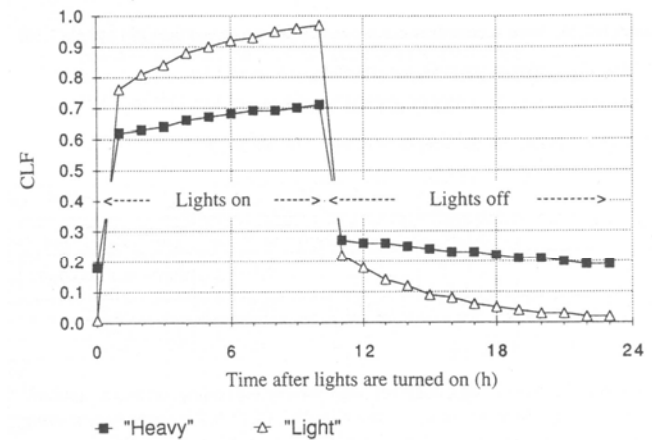
CLTDs for sunlit walls. Four orientations are shown, for two construction types: (a) Group A walls (heavy, for example, 8-in (200-mm) concrete with insulation), (b) Group G walls (light, for example, frame wall or curtain wall).

傳熱-CLTD,CLF Method for Cooling Load



Cooling load factors for glass without interior shading for 5 orientations (E = east, S = south, W = west, N = north, H = horizontal) and 3 construction types (L = light, M = medium, H = heavy).

傳熱-CLTD,CLF Method for Cooling Load

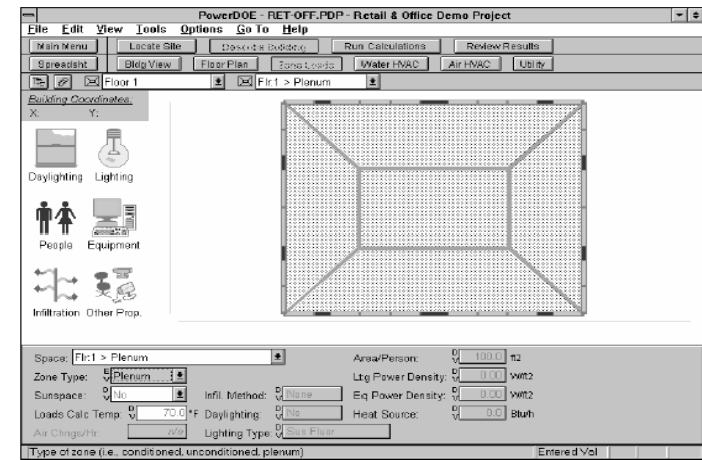


Cooling load factors for lights that are on 10 h/day, for two extreme construction types: light and heavy (a coefficient and b classification, as per Table A7.14, are 0.45 D for heavy and 0.75 A for light).

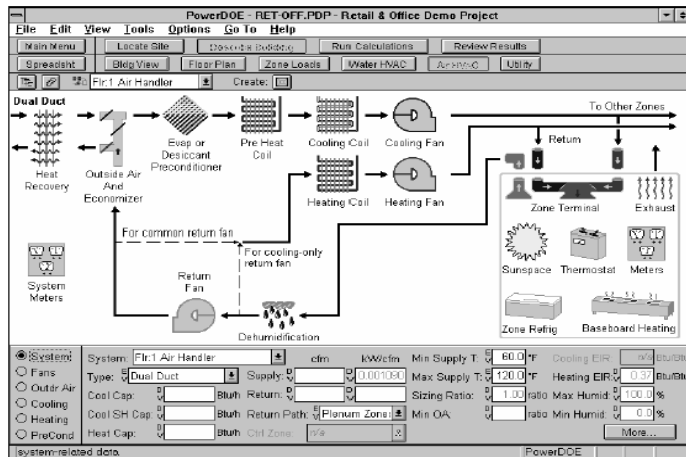
傳熱-CLTD,CLF Method for Cooling Load

Component and orientation	Construction type	U [W/m ² -K]	A [m ²]	hour t			hour t				
				16:00	17:00	18:00	16:00	17:00	18:00		
Sensible loads				CLTD _t [K]			Q _t =U×A×CLTD _t [W]				
Walls											
South	typeG	0.52	24	21	17	14	262.1	212.2	174.7		
West	typeG	0.52	18	37	40	37	346.3	374.4	346.3		
Roof	type4	0.693	64	36	37	37	1596.7	1641.0	1641.0		
Glazing conduction											
West		3.00	6.00	8	7	7	144.0	126.0	126.0		
Glazing solar				CLF _t			Q _t =A×SC×SHGF _{max} ×CLF _t [W]				
West		6.00	0.80	691	0.57	0.64	0.61	1863.2	2092.0	1994.0	
Air exchange				CLF _t			Q _t =1.2W/(K-l/s)×V×(T _o -T _i) [W]				
		192	53.33	25.5	34.4	33.8	32.7	569.6	531.2	460.8	
Internal gains				CLF _t			Q _t =Q̇×CLF _t [W]				
Lights		64 m ²	25 W/m ²	1600	0.83	0.84	0.85	1328.0	1344.0	1360.0	
People		5	70 W	350	0.85	0.87	0.89	297.5	304.5	311.5	
TOTAL SENSIBLE							6407			6625	6414

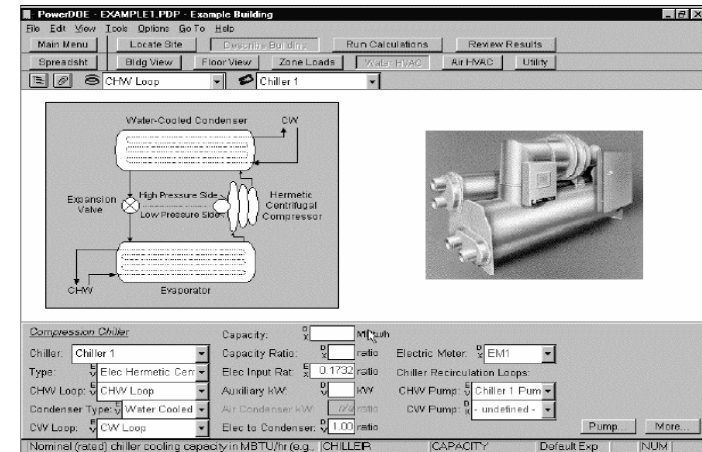
傳熱-建築耗能動態模擬



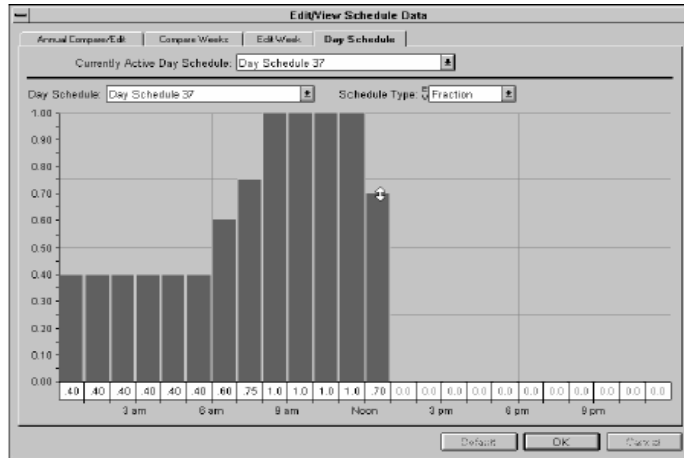
傳熱-建築耗能動態模擬



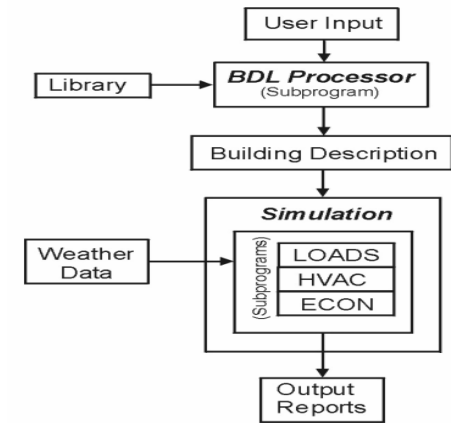
傳熱-建築耗能動態模擬



傳熱-建築耗能動態模擬

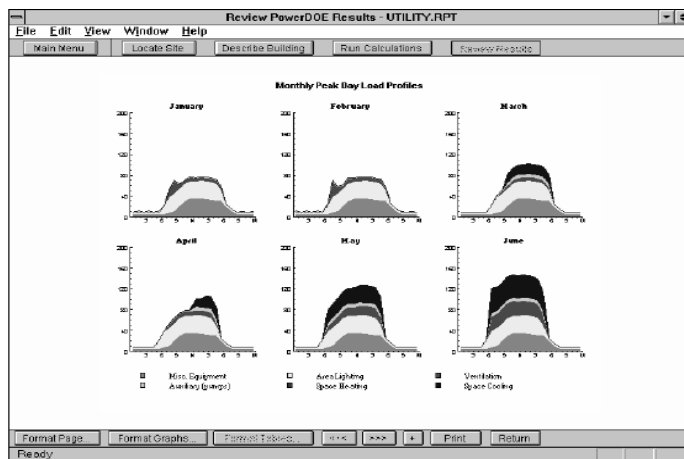


傳熱-建築耗能動態模擬

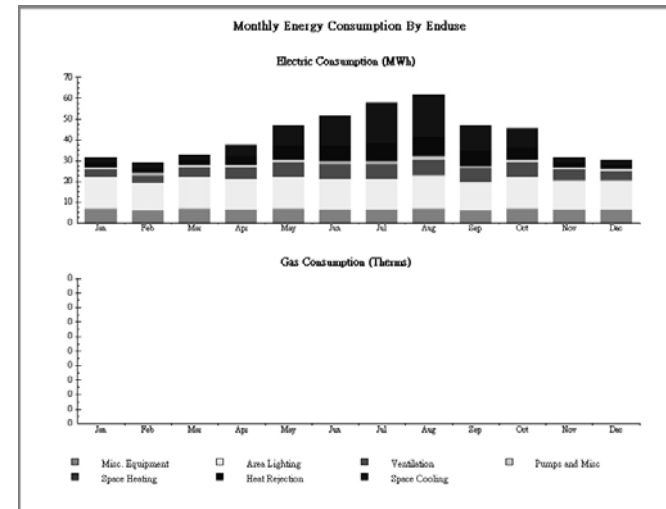


125DOE-2 之架構及計算程序

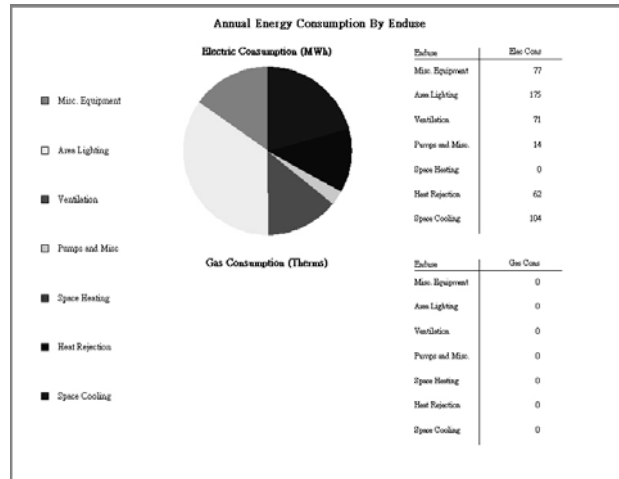
傳熱-建築耗能動態模擬



傳熱-建築耗能動態模擬

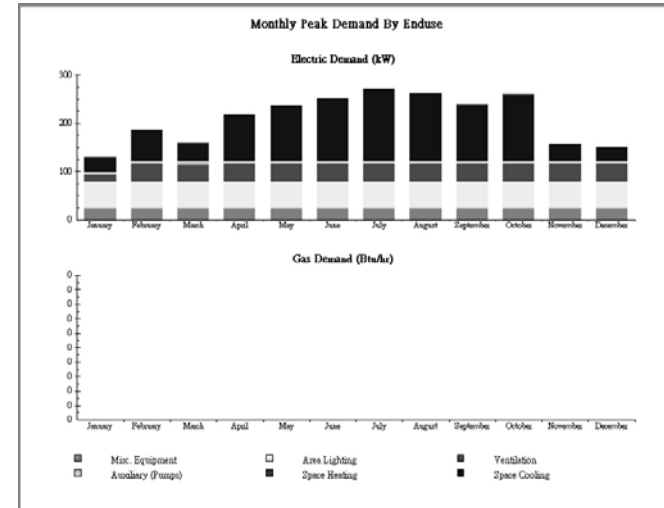


傳熱-建築耗能動態模擬



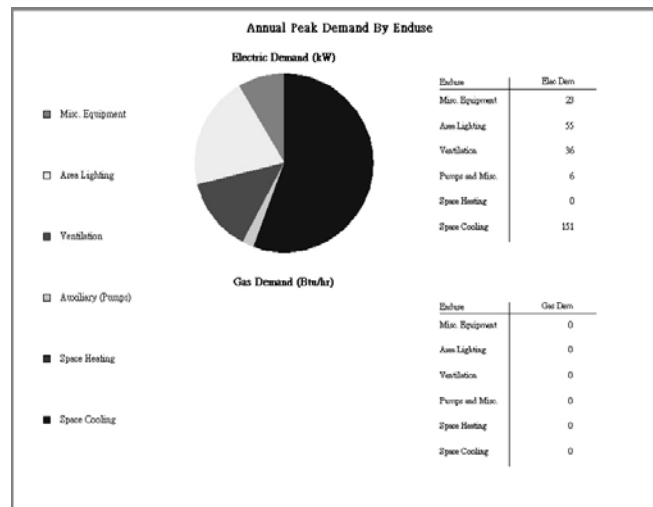
45

傳熱-建築耗能動態模擬



46

傳熱-建築耗能動態模擬



47

建築熱環境(二)

李魁鵬

濕氣與結露-相對濕度

相對濕度(Relative humidity)

$$\phi = \frac{\text{existing partial pressure of water vapor}}{\text{saturation pressure of pure water at same temperature}}$$

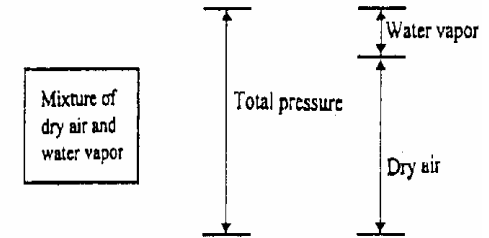


FIGURE 19.3 Atmospheric air as a mixture of air and water vapor.

濕氣與結露-液態水及飽和水蒸氣性質

Table A-1 Water: properties of liquid and saturated vapor

t, °C	Saturation pressure, kPa	Specific volume, m ³ /kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg · K	
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
0	0.6108	0.0010002	206.3	-0.04	2501.6	-0.0002	9.1577
2	0.7055	0.0010001	179.9	8.39	2505.2	0.0306	9.1047
4	0.8129	0.0010000	157.3	16.80	2508.9	0.0611	9.0526
6	0.9345	0.0010000	137.8	25.21	2512.6	0.0913	9.0015
8	1.0720	0.0010001	121.0	33.60	2516.2	0.1213	8.9513
10	1.2270	0.0010003	106.4	41.99	2519.9	0.1510	8.9020
12	1.4014	0.0010004	93.84	50.38	2523.6	0.1805	8.8536
14	1.5973	0.0010007	82.90	58.75	2527.2	0.2098	8.8060
16	1.8168	0.0010010	73.38	67.13	2530.9	0.2388	8.7593
18	2.062	0.0010013	65.09	75.50	2534.5	0.2677	8.7135
20	2.337	0.0010017	57.84	83.86	2538.2	0.2963	8.6684
22	2.642	0.0010022	51.49	92.23	2541.8	0.3247	8.6241
24	2.982	0.0010026	45.93	100.59	2545.5	0.3530	8.5806
26	3.360	0.0010032	41.03	108.95	2549.1	0.3810	8.5379
28	3.778	0.0010037	36.73	117.31	2552.7	0.4088	8.4959
30	4.241	0.0010043	32.93	125.66	2556.4	0.4365	8.4546
32	4.753	0.0010049	29.57	134.02	2560.0	0.4640	8.4140
34	5.318	0.0010056	26.60	142.38	2563.6	0.4913	8.3740
36	5.940	0.0010063	23.97	150.74	2567.2	0.5184	8.3348
38	6.624	0.0010070	21.63	159.09	2570.8	0.5453	8.2962
40	7.375	0.0010078	19.55	167.45	2574.4	0.5721	8.2583
42	8.198	0.0010086	17.69	175.31	2577.9	0.5987	8.2209
44	9.100	0.0010094	16.04	184.17	2581.5	0.6252	8.1842
46	10.086	0.0010103	14.56	192.53	2585.1	0.6514	8.1481

濕氣與結露-液態水及飽和水蒸氣性質

Table A-1 (continued)

t, °C	Saturation pressure, kPa	Specific volume, m ³ /kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg · K	
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
48	11.162	0.0010112	13.23	200.89	2588.6	0.6776	8.1125
50	12.335	0.0010121	12.05	209.26	2592.2	0.7035	8.0776
52	13.613	0.0010131	10.98	217.62	2595.7	0.7293	8.0432
54	15.002	0.0010140	10.02	225.98	2599.2	0.7550	8.0093
56	16.511	0.0010150	9.159	234.35	2602.7	0.7804	7.9759
58	18.147	0.0010161	8.381	242.72	2606.2	0.8058	7.9431
60	19.920	0.0010171	7.679	251.09	2609.7	0.8310	7.9108
62	21.84	0.0010182	7.044	259.46	2613.2	0.8560	7.8790
64	23.91	0.0010193	6.469	267.84	2616.6	0.8809	7.8477
66	26.15	0.0010205	5.948	276.21	2620.1	0.9057	7.8168
68	28.56	0.0010217	5.476	284.59	2623.5	0.9303	7.7864
70	31.16	0.0010228	5.046	292.97	2626.9	0.9548	7.7565
72	33.96	0.0010241	4.646	301.35	2630.3	0.9792	7.7270
74	36.96	0.0010253	4.300	309.74	2633.7	1.0034	7.6979
76	40.19	0.0010266	3.976	318.13	2637.1	1.0275	7.6693
78	43.65	0.0010279	3.680	326.52	2640.4	1.0514	7.6410
80	47.36	0.0010292	3.409	334.92	2643.8	1.0753	7.6132
82	51.33	0.0010305	3.162	343.31	2647.1	1.0990	7.5850
84	55.57	0.0010319	2.935	351.71	2650.4	1.1225	7.5588
86	60.11	0.0010333	2.727	360.12	2653.6	1.1460	7.5321
88	64.95	0.0010347	2.536	368.53	2656.9	1.1693	7.5058
90	70.11	0.0010361	2.361	376.94	2660.1	1.1925	7.4799
92	75.61	0.0010376	2.200	385.36	2663.4	1.2156	7.4543
94	81.46	0.0010391	2.052	393.78	2666.6	1.2386	7.4291
96	87.69	0.0010406	1.915	402.20	2669.7	1.2615	7.4042
98	94.30	0.0010421	1.789	410.63	2672.9	1.2842	7.3796
100	101.33	0.0010437	1.673	419.06	2676.0	1.3069	7.3554

濕氣與結露-相對濕度

露點溫度(Dew-point temperature)與結露

若將不飽和濕空氣冷卻，其相對濕度即漸漸提高，而達飽和狀態，此時的溫度稱爲此空氣的露點溫度。

在此溫度以下繼續冷卻時，其空氣中的部分水蒸氣即會開始凝結成爲霧狀的水滴稱爲結露。

濕氣與結露-濕度比

濕度比(Humidity ratio)

$$W = \frac{\text{kg of water vapor}}{\text{kg of dry air}} = \frac{p_s V / R_s T}{p_a V / R_a T} = \frac{p_s / R_s}{(p_t - p_s) / R_a}$$

$$W = \frac{287}{461.5} \frac{p_s}{p_t - P_s} = 0.622 \frac{p_s}{p_t - P_s}$$

where W = humidity ratio, (kg of water vapor)/(kg of dry air)
 V = arbitrary volume of air-vapor mixture, m^3
 p_t = atmospheric pressure = $p_a + p_s$, Pa
 p_a = partial pressure of dry air, Pa
 R_a = gas constant of dry air = 287 J/kg·K
 R_s = gas constant of water vapor = 461.5 J/kg·K
 T = absolute temperature of air-vapor mixture, K

濕氣與結露-濕度比

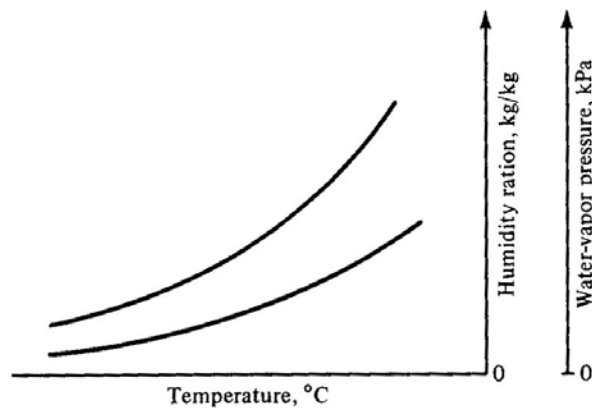
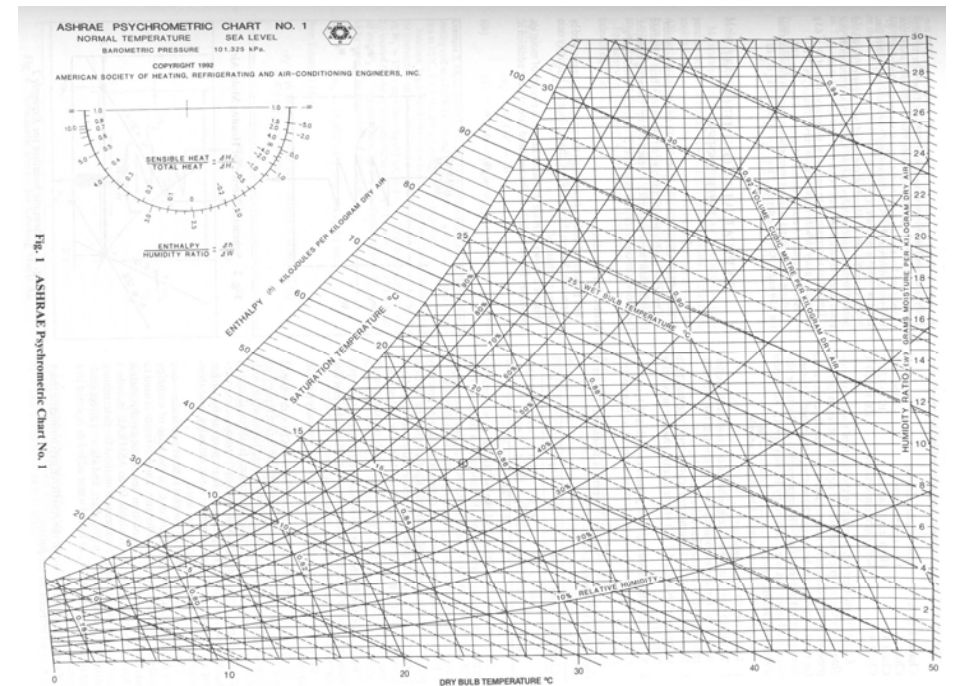


Figure 3-4 Humidity ratio W as another ordinate.



濕氣與結露-濕度比

Example 1 Compute the humidity ratio of air at 60 percent relative humidity when the temperature is 30°C. The barometric pressure is the standard value of 101.3 kPa.

Solution The water-vapor pressure of saturated air at 30°C is 4.241 kPa from Table A-1. Since the relative humidity is 60 percent, the water-vapor pressure of the air is 0.60 (4.241 kPa) = 2.545 kPa.

$$W = 0.622 \frac{2.545}{101.3 - 2.545} = 0.0160 \text{ kg/kg}$$

9

濕氣與結露-焓值

焓(Enthalpy)

$$h = c_p t + W h_g \quad \text{kJ/kg dry air}$$

where c_p = specific heat of dry air at constant pressure = 1.0 kJ/kg·K

t = temperature of air-vapor mixture, °C

h_g = enthalpy of saturated steam at temperature of air-vapor mixture, kJ/kg

Example 2 Locate the point on the 95 kJ/kg enthalpy line where the temperature is 50°C.

Solution At $t = 50^\circ\text{C}$, $h_g = 2592$ kJ/kg from Table A-1. Solving for W

$$W = \frac{95 - 1.0(50)}{2592} = 0.0174 \text{ kg/kg}$$

10

濕氣與結露-比容

比容(Specific volume)

From the perfect-gas equation, the specific volume ν is

$$\nu = \frac{R_a T}{P_a} = \frac{R_a T}{P_t - P_s} \quad \text{m}^3/\text{kg dry air}$$

Example 3 What is the specific volume of an air-water-vapor mixture having a temperature of 24°C and a relative humidity of 20 percent at standard barometric pressure?

Solution The water-vapor pressure of saturated air at 24°C is, from Table A-1, 2.982 kPa; so the vapor pressure with a relative humidity of 20 percent is 0.2(2.982) = 0.5964 kPa = 596.4 Pa.

$$\nu = \frac{287(24 + 273.15)}{101,300 - 596} = 0.85 \text{ m}^3/\text{kg dry air}$$

11

濕氣與結露-穩定透濕計算

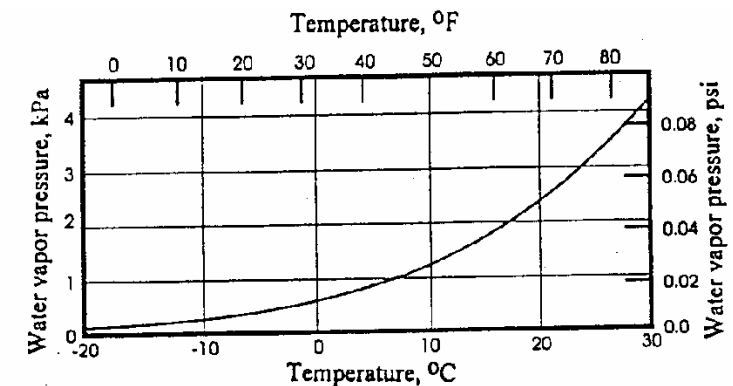


FIGURE 19.4 Saturation pressure of water vapor in air as a function of the air temperature.

12

濕氣與結露-穩定透濕計算

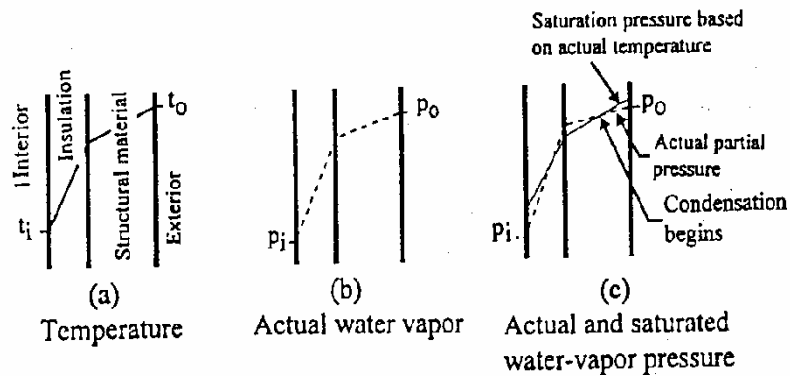


FIGURE 19.5 Gradients in a wall: (a) temperature, (b) actual water vapor, and (c) actual and saturated water-vapor pressure.

濕氣與結露-穩定透濕計算

穩定透濕計算

$$W = U' \times A \times (f_i - f_o) \quad (\text{g/hr})$$

$$U' = \text{濕氣傳透率} \quad (\text{g/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg})$$

f_i = 室內側水蒸氣壓 (mmHg)

f_o = 室外側水蒸氣壓 (mmHg)

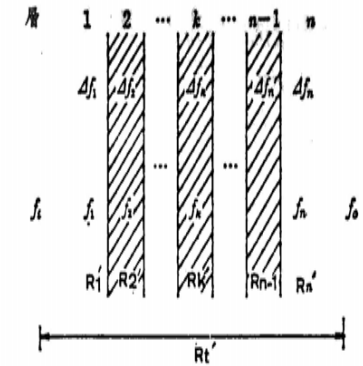


圖 4-2 多層壁的水蒸氣壓分布

濕氣與結露-穩定透濕計算

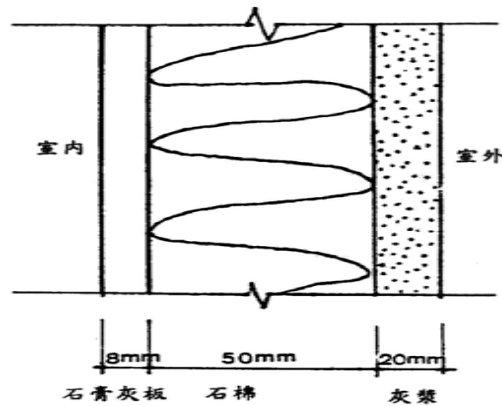


圖 4-3 多層壁的透濕計算例

濕氣與結露-穩定透濕計算

表 4-2 表面層的透濕係數 (資料來源: 文獻 4-1)

位置	設定條件	透濕係數 ($\text{g/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}$)	透濕抵抗 ($\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}/\text{g}$)	提出者
室內側表面	垂直面	93.1	0.0107	Billington
	"	風速 0.3m/sec	16.7	齊藤
	水平面	20.0	0.050	"
外氣側表面	上向濕流	14.0	0.071	"
	下向濕流	50.0	0.020	齊藤

表 4-3 空氣層的透濕係數 (資料來源: 文獻 4-1)

測定條件	厚 (mm)	透濕係數 ($\text{g/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}$)	透濕抵抗 ($\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg}/\text{g}$)	提出者
氣密	10	7.5	0.133	齊藤
10~20°C	"	8.2~9.1	0.122~0.110	"
空	20<	3.75	0.267	"
0°C	20<	4.10~4.55	0.244~0.220	"
氣層	水平濕氣	32	0.55	前田・松本
	"	92.2	0.956	{ International
	"	"	"	Critical Tables
下向濕流	92.2	3.39	1.110	Joy & Queer
上向濕流	144.8	"	0.295	"

濕氣與結露-穩定透濕計算

表4-4(a) 各種材料之透濕係數及透濕抵抗 (資料來源: 文獻4-2)

材料名稱	說明	厚 (mm)	P(perme) [g/m ² hmmHg]	R'(rep) (m ² hmmHg/g)	提出者
紙	箔	0.1	0.0	454.78~312.50	Joy & Queer
		-	0.0023~0.0032	208.33~172.41	Teesdale
		-	0.0048~0.0058	83333	C.E.Lund
硬質橡膠		1	0.000012	500	Taylor
防水用纖維素		1	0.002	250	Taylor
纖維素乙醯酯		1	0.004	4.65	Babbitt
油毛氈	20kg	0.7	0.215	5.49	ASHRAE
	15lb/100ft ²	0.8	0.182	37.0~6.5	ASHRAE
	70lb/500ft ²	-	0.027~0.154	300	Babbitt
	22kg	-	0.0033	9~2	ASHRAE
煤焦油氈	70lb/500ft ²	-	0.11~0.50	196	Babbitt
黑色建築紙		0.4	0.0061	1.51~1.37	Joy & Queer
水泥粉刷		12.7	0.661~0.729	1.70	Joy & Queer
		25.4	0.587	2.74	Babbitt
		34.0	0.3655	2.47	Miller
		19.0	0.4046	2.43	ASHRAE
紙	網	19.0	0.4119	3.31	Teesdale
木	板	19.0	0.3021	24.39~17.24	Rowley
面	漆	19.0	0.041~0.058	32.26~22.22	Rowley
面	漆	19.0	0.031~0.045	17.24	Rowley
漆	亞	19.0	0.058	31.25	Rowley
漆	亞	19.0	0.032	22.22	Rowley
漆	亞	19.0	0.045	32.26	Rowley
漆	亞	19.0	0.031	17.24	Rowley
打	粉	10.0	1.72±0.31	0.58±0.10	ASHRAE
打	粉	10.0	2.50±0.45	0.40±0.07	ASHRAE

濕氣與結露-結露的防止

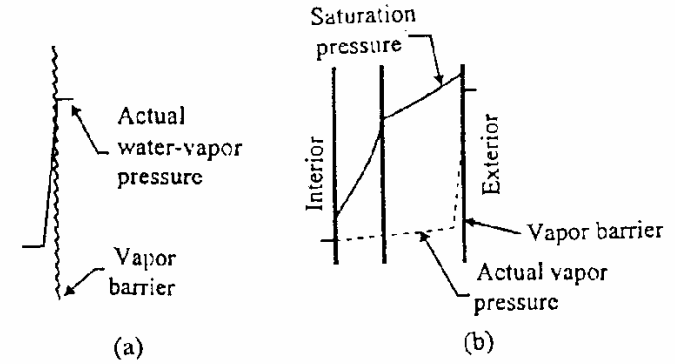


FIGURE 19.5 A vapor barrier: (a) providing a steep gradient of water-vapor pressure, and (b) maintaining the pressure below saturation throughout the wall.

濕氣與結露-結露的防止

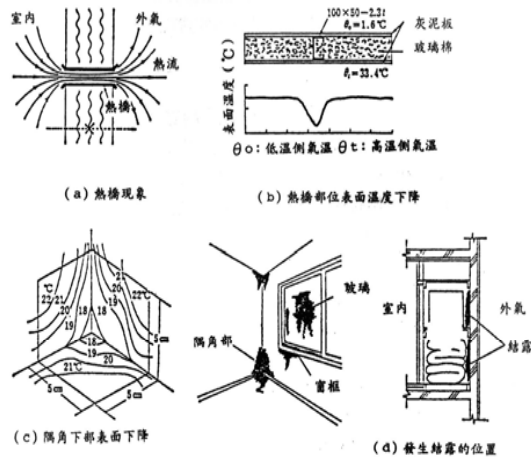


圖4-4 表面結露 (資料來源: 文獻4-1)

濕氣與結露-結露的防止

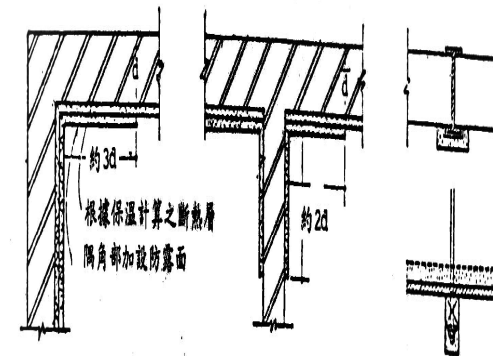


圖4-5 隅角部及吊平頂之防露 (資料來源: 文獻4-2)

濕氣與結露-結露的防止

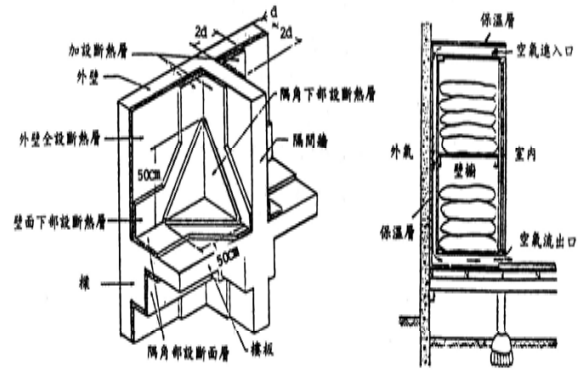


圖4-6 隅角部之防露 (資料來源: 文獻4-2)

圖4-7 壁廚內之通風 (資料來源: 文獻4-2)

外界氣候-氣候分區

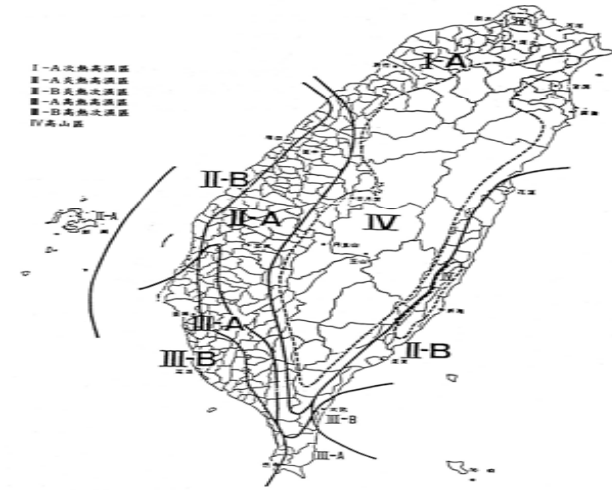


圖2-4 臺灣地區建築氣候分區圖 (林憲德、陳嘉基繪製)

外界氣候-都市熱島

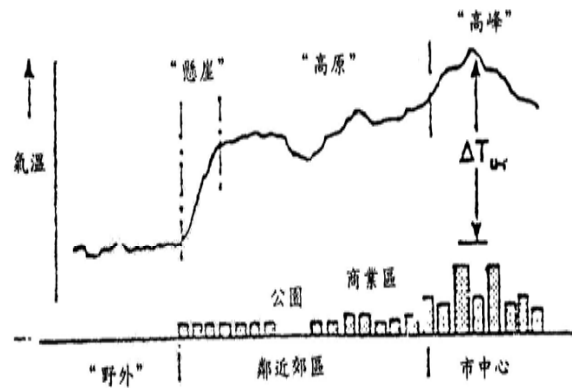


圖2-2 典型的都市熱島效應理想剖面圖 (資料來源: 文獻2-2)

外界氣候-都市熱島

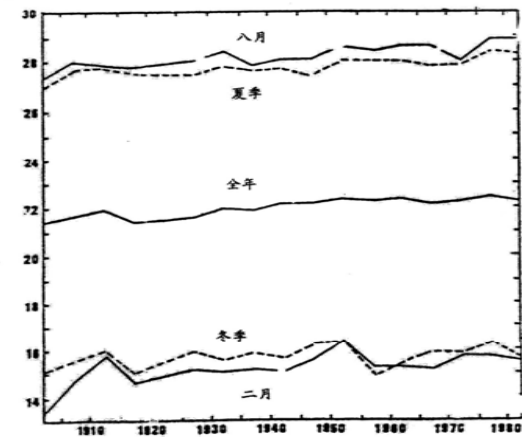


圖2-3 臺北年溫、冬季及夏季、二月及八月5年平均之長期趨勢 (資料來源: 文獻2-2)

外界氣候-氣溫

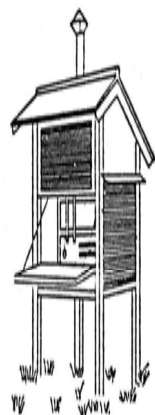


圖2-5 百葉窗 (資料來源: 文獻2-11)

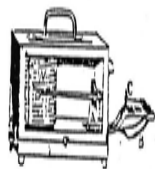


圖2-6 自記溫度計 (資料來源: 文獻2-12)

外界氣候-氣溫

表2-1 24個測站各項氣溫月、年(平均)值 (資料來源: 文獻2-3)

單位: °C

地名	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計期間
彰化	平均氣溫	15.0	15.0	16.7	19.8	22.9	25.6	27.6	27.5	26.1	23.0	20.1	16.9	21.4	1910
	平均最高氣溫	17.1	17.3	19.2	22.4	25.4	28.5	25.1	30.2	28.5	25.1	22.0	19.0	23.8	\
	平均最低氣溫	12.8	12.8	14.3	17.7	20.7	23.4	25.3	25.8	24.0	18.1	18.1	14.8	19.2	1980
	絕對最高氣溫	26.4	27.5	28.6	30.1	32.0	33.9	34.7	35.2	33.4	30.1	30.0	28.4	35.2	
	絕對最低氣溫	2.4	4.5	5.4	7.8	12.9	15.5	18.9	17.4	18.0	6.0	6.0	4.4	2.4	
	平均日較差	4.3	4.5	4.9	4.7	4.7	5.1	5.1	5.0	4.5	3.9	3.9	4.2	4.6	
陽明山	平均氣溫	9.4	10.2	12.7	16.3	19.5	21.6	23.0	22.6	21.0	17.4	14.4	11.5	16.6	1943
	平均最高氣溫	12.3	13.3	16.2	19.9	22.5	24.6	26.5	25.9	23.9	19.7	16.7	14.1	19.6	\
	平均最低氣溫	7.1	7.7	9.8	13.5	17.0	19.5	20.6	20.4	19.0	15.7	12.5	9.2	14.4	1980
	絕對最高氣溫	24.5	25.6	27.0	28.3	29.4	31.0	31.9	32.0	30.8	28.8	27.4	25.7	32.0	
	絕對最低氣溫	-2.7	-2.4	0.6	1.0	8.5	11.9	16.8	15.5	12.6	6.0	1.1	-1.0	-2.7	
	平均日較差	5.2	5.6	6.4	6.4	5.5	5.1	5.9	5.5	4.9	4.0	4.2	4.9	5.3	

外界氣候-氣溫

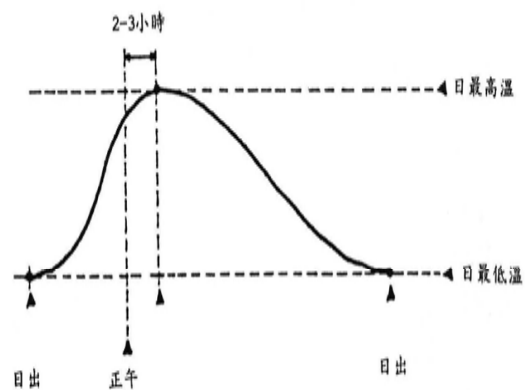
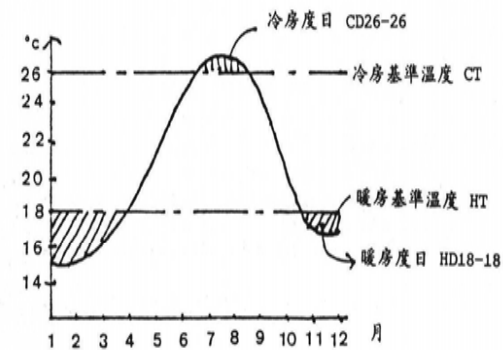


圖2-7 氣溫的日變動示意圖 (資料來源: 文獻2-13)

外界氣候-度日



to: 外氣溫度°C

ti: 室內設定溫度°C

圖2-8 冷(暖)房度日

外界氣候-度日

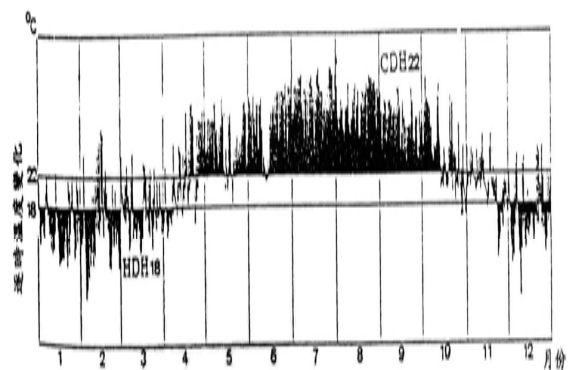


圖2-9 臺北市冷房度時CDH22及暖房度時HDH18示意圖

29

外界氣候-濕度

表2-2 臺灣各地月、年平均相對濕度表(資料來源:文獻3-3)

地名	項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計期間
基隆	相對濕度(%)	82	84	84	83	84	83	78	78	80	79	81	82	82	1917-1980
臺北		83	84	83	82	82	82	78	78	79	80	81	82	81	1897-1980
新竹		83	85	85	85	84	83	80	81	81	80	81	82	83	1938-1980
臺中		80	81	82	81	82	82	80	82	81	78	78	80	81	1897-1980
花蓮		79	81	81	83	85	85	81	82	82	79	79	78	81	1911-1980
日月潭		77	81	82	84	86	88	87	87	86	85	82	78	84	1942-1980
阿里山		81	84	84	85	89	91	91	92	91	89	85	82	87	1934-1980
嘉義		85	85	86	86	87	85	83	86	87	87	84	83	85	1969-1980
臺南		79	79	79	79	80	84	83	84	82	79	79	80	81	1897-1980
臺東		75	76	77	79	82	82	81	81	81	77	75	75	78	1901-1980
高雄		76	77	77	79	80	84	84	83	83	80	78	78	80	1932-1980
恆春		73	74	74	76	79	84	84	85	81	75	73	72	78	1897-1980
宜蘭		83	84	85	86	88	87	83	84	86	87	88	86	86	1936-1980
大武		72	73	75	76	78	79	78	80	80	74	73	73	76	1940-1980

30

外界氣候-濕度



圖2-10 臺灣地區相對濕度(R.H. = 80%)分布圖(資料來源:文獻2-4)

31

外界氣候-風速

表2-3 25個測站的月、年平均風速度表(資料來源:文獻2-5)

STATION	Mean Wind Velocity(m/s)												Year
	Jan. 1月	Feb. 2月	Mar. 3月	Apr. 4月	May. 5月	Jun. 6月	Jul. 7月	Aug. 8月	Sep. 9月	Oct. 10月	Nov. 11月	Dec. 12月	
彭佳嶼	9.2	8.8	8.1	7.3	6.9	7.1	7.7	7.8	7.5	8.8	9.6	9.5	8.2
陽明山鞍部	4.2	4.1	4.0	3.6	3.4	3.4	3.7	4.5	4.3	4.8	5.0	4.4	4.1
竹子湖	3.8	3.7	3.1	2.3	2.2	1.8	1.7	2.0	2.5	3.5	3.8	3.8	2.9
淡水	3.4	3.2	3.1	2.8	2.6	2.8	3.1	3.4	3.1	3.6	3.7	3.4	3.2
基隆	3.9	3.7	3.4	2.8	2.5	2.6	3.1	3.3	3.3	4.0	4.3	4.1	3.4
台北	2.9	2.9	2.8	2.7	2.5	2.2	2.3	2.6	3.0	3.7	3.5	3.1	2.9
新竹	2.9	2.7	2.5	2.2	2.0	2.6	2.6	2.4	2.3	3.1	3.5	3.1	2.7
宜蘭	1.7	1.6	1.6	1.6	1.4	1.5	1.9	2.1	1.9	1.8	1.6	1.6	1.7

32

外界氣候-風速



圖2-11 臺灣地區年平均風速分布圖 (資料來源: 文獻2-5)
(林憲德、陳嘉基繪製)

外界氣候-雨量



圖2-12 年平均降雨量分布圖 (單位: mm) (資料來源: 文獻2-6)

外界氣候-雨量

表2-5 24個測站各項雨量月、年(平均)值 (資料來源: 文獻2-13)

地名	項	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總合	統計期間
彰化	降雨量	126.2	138.5	167.0	162.2	191.3	208.4	105.6	161.9	161.3	102.1	113.6	123.0	1741.1	1910-1980
	一日最大降雨量	137.4	113.0	129.1	109.5	168.6	187.1	246.4	310.1	378.9	140.1	114.5	152.7	378.9	1910-1980
	一小時最大降雨量	44.0	26.8	63.0	45.0	62.0	59.0	48.4	70.2	70.7	44.7	106.8	35.2	106.8	1910-1980
	降雨日數(次)	19	18	19	14	15	12	08	10	12	12	18	18	173	1910-1980
日惹 (陽明山)	降雨量	335.3	289.9	248.0	188.9	253.5	299.9	269.1	346.9	435.6	796.9	598.7	418.9	4481.0	1843-1980
	一日最大降雨量	165.9	116.6	163.4	106.9	186.2	205.5	420.1	442.2	655.3	740.5	336.5	105.1	749.5	
	一小時最大降雨量	23.0	22.7	32.1	39.5	111.7	41.0	65.0	119.5	113.5	63.7	34.8	23.0	119.5	
	降雨日數(次)	20	19	18	15	16	14	11	12	15	21	22	21	204	
竹子湖	降雨量	280.2	244.9	205.6	168.5	223.6	283.8	240.0	333.4	446.6	845.7	655.3	405.5	4560.8	1947-1980
	一日最大降雨量	130.9	98.2	118.4	139.5	114.0	154.7	410.4	476.8	855.3	733.1	473.7	167.6	733.1	
	一小時最大降雨量	27.8	16.4	18.4	36.8	71.7	59.1	67.5	85.2	113.5	63.2	60.0	26.9	113.5	
	降雨日數(次)	19	17	16	14	14	14	11	12	15	20	21	20	193	
淡水	降雨量	130.9	154.7	148.2	140.1	195.8	245.1	139.7	190.0	240.1	194.1	155.1	120.2	2094.0	1843-1980
	一日最大降雨量	78.7	76.9	88.6	123.0	142.8	132.3	246.0	283.1	275.8	328.1	157.6	93.1	328.1	
	一小時最大降雨量	27.8	20.3	31.3	42.9	83.3	82.5	59.0	66.9	111.0	51.0	22.8	16.0	111.0	
	降雨日數(次)	16	15	15	13	13	13	09	10	12	14	14	15	159	
基隆	降雨量	320.7	318.1	302.1	211.8	264.2	279.1	129.7	177.6	293.7	277.6	509.7	341.8	3232.1	1903-1980
	一日最大降雨量	160.0	114.8	119.6	117.2	237.3	185.7	330.8	262.7	351.3	220.0	258.6	241.3	351.3	1903-1980
	一小時最大降雨量	53.8	43.0	33.6	43.4	58.5	58.5	59.0	68.5	107.0	68.5	71.0	37.2	107.0	1946-1980
	降雨日數(次)	21	20	20	17	19	14	10	12	15	18	21	22	211	1903-1980
臺北	降雨量	92.5	132.2	168.8	139.1	218.7	298.4	236.3	279.7	242.4	120.8	70.5	74.9	2094.7	1807-1980
	一日最大降雨量	95.8	60.4	117.0	243.3	175.0	199.2	358.9	287.3	332.1	198.7	119.5	79.3	358.0	
	一小時最大降雨量	19.2	23.0	32.5	110.0	49.0	87.5	102.0	86.2	107.0	55.8	36.0	19.7	110.0	
	降雨日數(次)	16	16	17	14	16	16	14	14	14	15	15	16	183	
新竹	降雨量	80.0	120.6	159.6	172.8	238.1	317.8	140.2	209.9	142.2	46.0	35.9	53.7	1717.1	1938-1980
	一日最大降雨量	113.1	75.2	138.4	133.7	158.9	242.7	203.1	430.8	383.7	101.1	43.8	81.9	430.8	1938-1980
	一小時最大降雨量	23.6	30.2	41.1	35.1	72.1	88.0	56.4	72.0	79.0	24.0	11.2	19.4	88.0	1942-1980
	降雨日數(次)	12	14	18	13	14	13	10	11	09	07	08	11	138	1938-1980
宜蘭	降雨量	159.7	143.5	126.3	110.5	205.4	209.6	141.7	201.1	427.9	397.9	333.9	280.4	2707.8	1936-1980
	一日最大降雨量	94.7	85.2	99.6	87.1	147.9	100.1	220.4	332.0	460.5	388.9	409.3	238.3	400.5	
	一小時最大降雨量	22.9	18.7	19.8	38.0	56.0	61.3	74.5	49.7	112.0	100.5	87.9	51.2	112.0	
	降雨日數(次)	19	18	18	18	21	17	10	13	16	21	22	21	213	

外界氣候-下雨日數



圖2-13 年下雨日數分布圖 (單位: 日) (資料來源: 文獻2-6)

外界氣候-日照

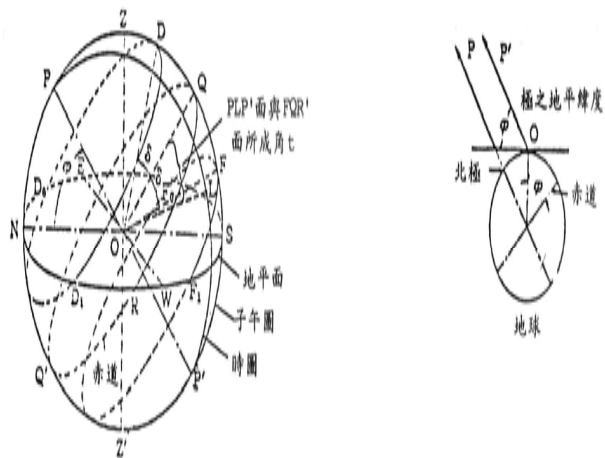


圖2-14 太陽軌道並極之地平緯度 (資料來源: 文獻2-12)

外界氣候-日照

月	日	δ	與次日之差	
II	5	立春	-16° 27'	+18' 01"
III	20	春分	- 0 15	+23 42
V	5	立夏	+16 11	+16 46
VI	21	夏至	+23 27	- 0 03
VII	7	立秋	+16 29	-16 58
IX	23	秋分	+ 0 01	-22 26
XI	7	立冬	-16 13	-17 38
XII	22	冬至	-23 27	+ 0 18

表2-6 日赤緯 δ
(資料來源: 文獻2-12)

外界氣候-太陽位置圖

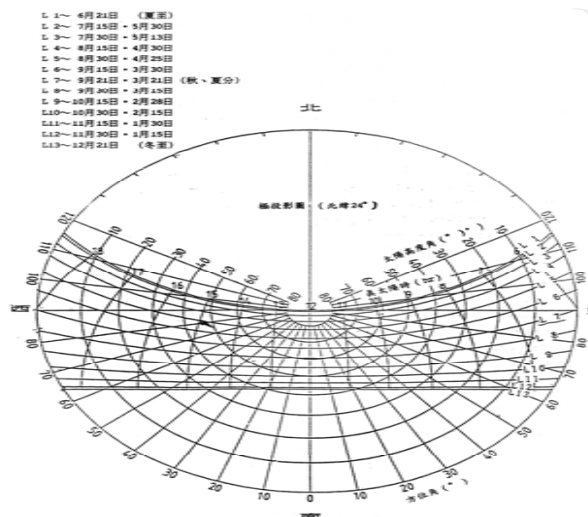
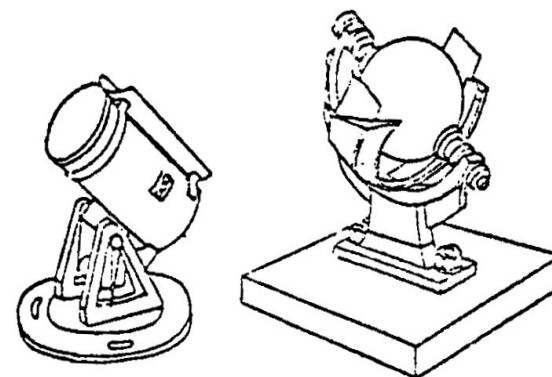


圖2-15 太陽位置圖 (編影圖) (林慶德、蘇瑞森繪製) (資料來源: 文獻2-12)

外界氣候-日照計



(a) Jordan日照計 (b) Campbell Stokes

圖2-16 日照計 (資料來源: 文獻2-12)

外界氣候-日照時數



圖 2-17 臺灣地區年平均日照時數分布圖 (資料來源：文獻 2-7)

外界氣候-建築物陰影

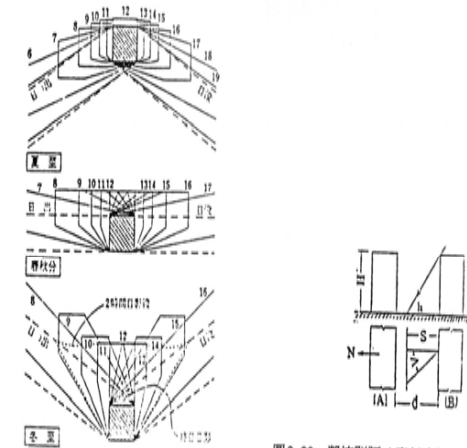
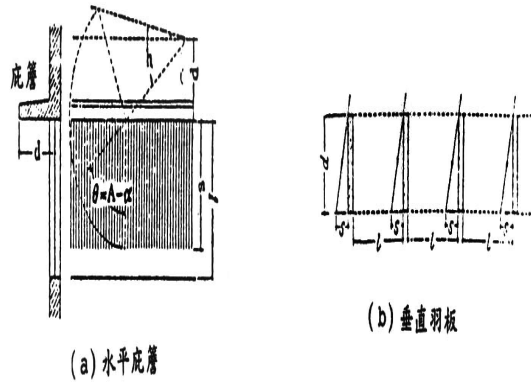


圖 2-19 建築物之陰影 (北緯 35°)
(資料來源：文獻 2-11)

圖 2-20 鄰棟間隔 (資料來源：文獻 2-12)

外界氣候-遮陽



(a) 水平庇蔭

(b) 垂直羽板

圖 2-21 遮陽效果 (資料來源：文獻 2-12)

外界氣候-遮陽

地名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	單位：℃
1000	14.1	14.9	15.2	15.3	15.3	15.2	15.0	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	14.0
1100	13.9	14.7	15.0	15.1	15.1	15.0	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	13.8	13.8
1200	13.7	14.5	14.8	14.9	14.9	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	13.8	13.6	13.6
1300	13.5	14.3	14.6	14.7	14.7	14.6	14.4	14.2	14.0	13.8	13.6	13.4	13.4
1400	13.3	14.1	14.4	14.5	14.5	14.4	14.2	14.0	13.8	13.6	13.4	13.2	13.2
1500	13.1	13.9	14.2	14.3	14.3	14.2	14.0	13.8	13.6	13.4	13.2	13.0	13.0
1600	12.9	13.7	14.0	14.1	14.1	14.0	13.8	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.8
1700	12.7	13.5	13.8	13.9	13.9	13.8	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.6	12.6
1800	12.5	13.3	13.6	13.7	13.7	13.6	13.4	13.2	13.0	12.8	12.6	12.4	12.4
1900	12.3	13.1	13.4	13.5	13.5	13.4	13.2	13.0	12.8	12.6	12.4	12.2	12.2
2000	12.1	12.9	13.2	13.3	13.3	13.2	13.0	12.8	12.6	12.4	12.2	12.0	12.0
2100	11.9	12.7	13.0	13.1	13.1	13.0	12.8	12.6	12.4	12.2	12.0	11.8	11.8
2200	11.7	12.5	12.8	12.9	12.9	12.8	12.6	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.6
2300	11.5	12.3	12.6	12.7	12.7	12.6	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.4	11.4
2400	11.3	12.1	12.4	12.5	12.5	12.4	12.2	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.2
2500	11.1	11.9	12.2	12.3	12.3	12.2	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	11.0
2600	10.9	11.7	12.0	12.1	12.1	12.0	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.8
2700	10.7	11.5	11.8	11.9	11.9	11.8	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.6
2800	10.5	11.3	11.6	11.7	11.7	11.6	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.4
2900	10.3	11.1	11.4	11.5	11.5	11.4	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.2
3000	10.1	10.9	11.2	11.3	11.3	11.2	11.0	10.8	10.6	10.4	10.2	10.0	10.0

圖 2-22 臺北各月逐時平均乾球溫度 (Td) 及濕球溫度 (Tw) 圖

外界氣候-遮陽

單位：℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
0時	13.9	16.1	15.9	18.9	21.2	23.3	24.5	24.7	23.6	21.7	18.0	17.2
1時	13.4	16.8	15.4	18.2	20.9	23.1	24.1	24.2	23.2	21.1	17.8	13.0
2時	13.2	16.5	15.2	18.1	20.5	22.6	24.0	24.0	23.0	20.9	17.5	14.6
3時	12.8	13.3	14.7	18.0	20.4	22.6	23.6	23.9	22.9	20.8	17.2	14.3
4時	12.6	13.1	14.7	17.8	20.4	22.6	23.7	23.9	22.9	20.5	17.1	14.2
5時	12.5	12.9	14.7	18.0	20.5	22.8	23.8	24.0	22.9	20.5	17.1	14.2
6時	12.7	13.0	15.0	17.9	20.4	22.7	23.8	24.0	22.9	20.7	17.1	14.3
7時	12.7	12.9	15.0	18.1	21.0	23.2	24.2	24.2	23.0	20.7	17.1	12.2
8時	13.0	13.3	15.5	19.7	21.8	24.0	25.2	25.0	23.6	21.1	17.3	14.5
9時	14.0	14.2	16.5	20.0	22.8	25.0	26.2	26.1	24.6	22.1	18.1	15.6
10時	15.7	15.4	17.6	21.4	24.4	26.3	27.7	27.3	26.0	23.0	19.1	16.3
11時	16.3	16.5	18.9	22.5	25.0	27.5	29.0	28.7	27.2	24.2	20.0	17.5
12時	17.3	17.8	19.9	23.8	26.0	28.3	29.7	29.3	28.1	25.2	21.9	18.6
13時	18.2	18.2	20.5	24.3	26.6	29.0	30.6	30.3	28.9	26.2	22.0	19.2
14時	18.5	18.6	20.8	24.0	27.0	29.1	31.0	30.0	29.0	26.0	22.1	19.6
15時	18.2	18.2	20.3	24.1	26.2	28.1	30.3	29.0	28.6	25.9	22.0	19.2
16時	17.6	17.9	20.0	23.8	26.0	28.2	30.0	29.8	28.2	25.4	21.5	19.0
17時	17.2	17.4	19.5	23.2	25.3	27.8	29.3	29.0	27.8	25.0	21.2	18.5
18時	16.9	17.2	19.4	23.2	25.3	27.8	29.3	29.0	27.8	25.0	21.2	18.5
19時	16.3	16.3	18.3	22.0	24.1	26.6	28.5	28.4	26.5	24.0	20.2	17.7
20時	16.0	16.1	18.0	22.2	23.5	25.7	27.2	27.1	26.0	23.5	19.9	17.2
21時	15.2	16.4	17.2	20.5	23.0	26.2	28.4	28.7	23.0	19.2	16.8	
22時	14.7	14.7	17.0	19.3	22.1	24.3	26.5	26.9	24.7	22.3	19.2	16.2
23時	13.5	14.3	16.2	19.0	21.8	24.0	24.7	24.1	22.0	18.4	16.0	

圖 2-23 臺北市各月逐時平均有效溫度 (ET) 及其等值線分布圖 (資料來源：文獻 2-13)

外界氣候-遮陽

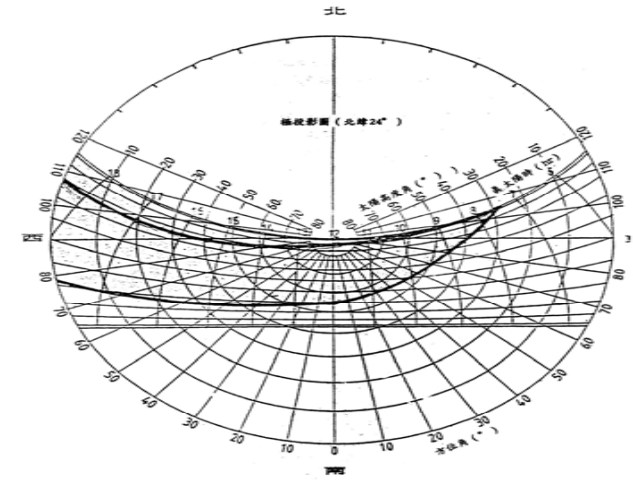


圖 2-24 緯度影圖上所表示的通熱期 (資料來源：文獻 2-13)

外界氣候-遮陽

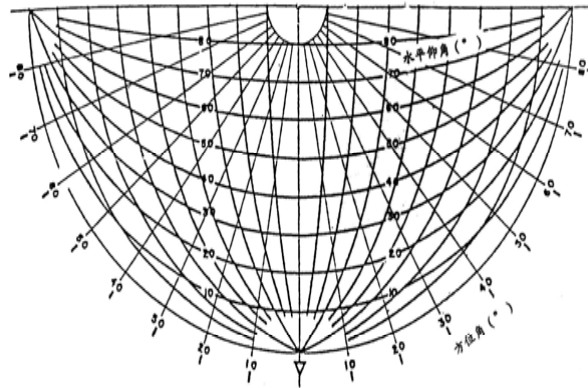
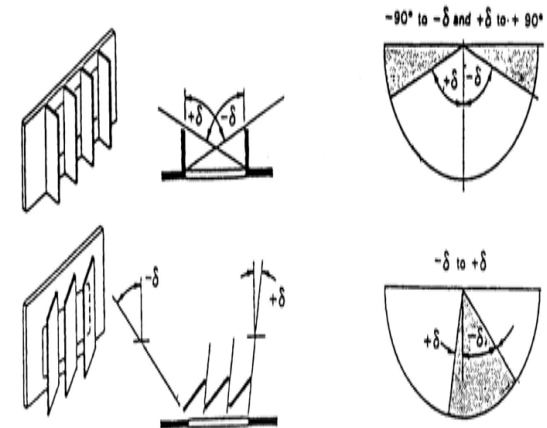


圖 2-25 遮陽檢度規 (資料來源：文獻 2-13)

外界氣候-遮陽



外界氣候-遮陽

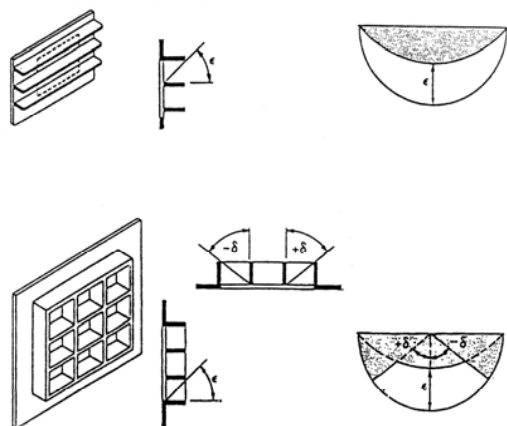


圖 2-26 各種遮陽形式在檢度規應用方法 (資料來源: 文獻 2-8 並作修改)

49

外界氣候-遮陽

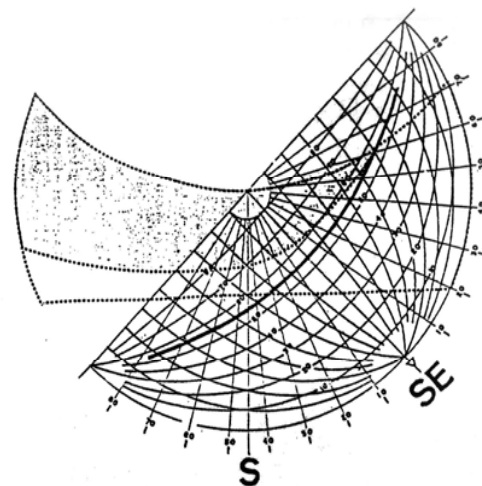


圖 2-27 水平遮陽板設計例 (資料來源: 文獻 2-13)

50

外界氣候-遮陽

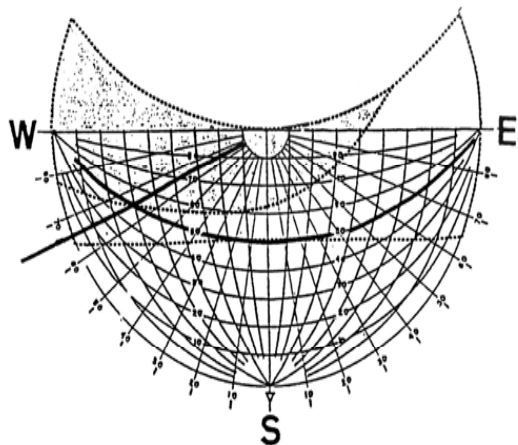


圖 2-28 混合形遮陽板設計例 (資料來源: 文獻 2-13)

51

外界氣候-日射量

表 2-8 臺灣各地逐月平均水平日射量推算值 (資料來源: 文獻 2-10)

地名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
基隆	1438.1	1713.5	1874.4	2536.5	2557.5	2991.6	3999.2	3686.3	3084.6	2284.8	1391.6	1330.6	2402.4
臺北	1483.8	1945.5	2102.3	2792.3	2777.6	3157.5	3975.9	3674.8	3404.3	2608.7	1744.1	1631.3	2624.8
新竹	1890.7	2126.1	2269.4	3047.2	3084.5	3745.1	4517.5	4012.9	3719.4	3214.5	2297.8	1954.4	2990.0
臺中	2435.8	2575.2	2978.7	3528.1	3346.8	3635.3	4207.5	3665.9	3703.0	3233.5	2524.5	2304.9	3178.3
花蓮	1503.4	1835.0	2181.2	2749.6	2902.2	3354.2	4497.2	3880.7	3334.9	3566.2	1708.5	1461.1	2686.2
日月潭	2448.2	2582.4	2661.8	3018.9	2959.2	3155.9	3614.9	2973.9	2954.0	2776.9	2406.9	2330.2	2824.2
阿里山	2301.8	2677.8	2913.9	3284.3	2819.2	2940.9	3236.9	2674.3	2703.3	2702.2	2198.7	2360.6	2777.2
嘉義	2307.0	2506.9	2765.5	3340.4	3270.1	3615.8	4037.3	3457.1	3579.6	3000.5	2368.9	2265.1	3043.4
臺南	2677.9	3040.1	3456.2	3952.6	3806.5	3904.1	4343.8	3729.9	3896.6	3359.4	2722.2	2475.4	3447.9
臺東	1879.9	2127.6	2473.6	3204.8	3256.1	3692.9	4493.5	3597.2	3443.3	2900.2	2021.6	1748.7	2903.3
高雄	2447.2	2844.7	3169.8	3757.5	3754.3	3786.8	4080.3	3444.7	3364.3	2929.5	2431.0	2229.0	3187.4
恆春	2664.2	3132.7	3741.2	4221.5	3999.4	4021.1	4466.0	3789.6	3793.2	3448.2	2784.9	2425.6	3540.6
宜蘭	1524.4	1844.9	2166.9	2710.4	2766.7	3272.2	4204.4	3817.1	3220.7	2345.7	1369.9	1376.6	2560.0
大武	1990.4	2277.1	2954.6	3540.8	3395.7	4170.0	4460.1	4160.9	3586.7	3137.3	2298.1	1836.1	3150.7

單位: Wh/m².day

統計資料: 1975~1984年風候資料作

52

外界氣候-日射量

(單位: $\text{W/m}^2\cdot\text{day}$)

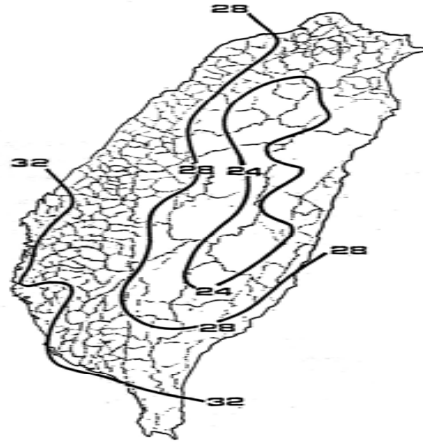


圖 2-29 年平均水平面日射量分布圖 (資料來源: 文獻 2-3)

53

外界氣候-日射量

表 2-9 臺灣溫熱期各地方位標準日射取景 (資料來源: 文獻 2-13)

日射量單位: $\text{W/m}^2\cdot\text{day}$

地名	北緯 N	東經 E	S	SSW SE	SW SE	WSW ESE	W E	WSW ENE	SW NE	WSW NNE	N	H
基隆	25.13	121.75	1172	1249	1349	1402	1389	1314	1186	1036	942	3091
臺北	25.03	121.52	1241	1321	1427	1481	1462	1377	1234	1070	969	3263
新竹	24.80	120.97	1368	1469	1604	1675	1654	1549	1370	1164	1038	3711
臺中	24.15	120.67	1338	1434	1565	1635	1618	1518	1348	1151	1032	3629
花蓮	23.97	121.62	1230	1328	1462	1539	1537	1456	1308	1127	1012	3451
日月潭	23.88	120.85	1172	1243	1339	1390	1378	1305	1181	1037	949	3069
阿里山	23.52	120.80	1111	1171	1252	1292	1282	1218	1111	987	917	2844
嘉義	23.50	120.42	1273	1365	1493	1562	1555	1468	1313	1131	1020	3491
臺南	23.00	120.22	1351	1460	1616	1707	1701	1602	1422	1207	1077	3837
臺東	22.75	121.15	1246	1346	1491	1578	1580	1500	1348	1139	1043	3560
高雄	22.58	120.30	1242	1342	1487	1574	1578	1500	1349	1161	1046	3557
恆春	22.00	120.75	1333	1447	1619	1624	1730	1636	1458	1236	1105	3914
宜蘭	24.77	121.75	1202	1290	1406	1470	1462	1384	1245	1080	974	3267
大武	22.35	120.90	1296	1409	1576	1679	1686	1599	1429	1217	1088	3812
合計 (12測站)			15290	16453	16094	19028	18952	17901	16010	13736	12344	42581
比值	以日月潭為1		1	1.08	1.18	1.24	1.24	1.17	1.05	0.90	0.81	2.78

註:合計與比值是日月潭、阿里山以外12個平地都市的統計值

54

~The End~

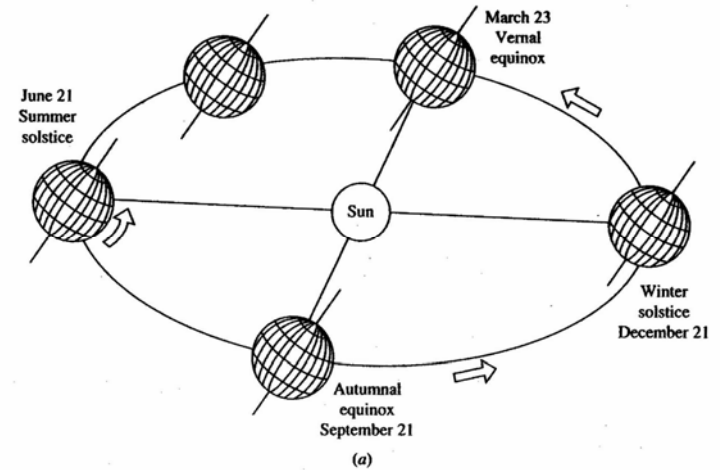
參考文獻:

- Refrigeration and Air conditioning, W. F. Stoecker and J. W. Jones, 1982, McGraw-Hill.
- 現代人類的居住環境, 林憲德, 1994, 胡氏書局
- 建築物理環境, 賴榮平, 林憲德, 周家鵬, 1991, 六合書局

建築光環境(一)

李魁鵬

建築光環境-太陽位置



2

建築光環境-太陽位置

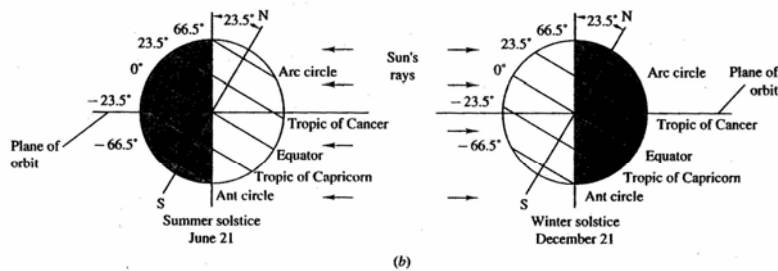


FIGURE 6.1 Geometry of the earth's orbit and inclination of polar axis. (a) Entire orbit. (b) Enlarged detail, solstices.

建築光環境-太陽位置

The difference between solar noon and noon of local civil time is called the *equation of time* E_t .

$$E_t = 9.87 \sin 2B - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B \quad \text{min} \quad (6.1)$$

$$B = 360^\circ \times \frac{n - 81}{364} \quad \text{for the } n\text{th day of year}$$

Solar time t_{sol} (in hours) is defined, for each day, by

$$t_{\text{sol}} = t_{\text{loc civ}} + \frac{E_t}{60 \text{ min/h}} \quad (6.2)$$

Its relation to standard time t_{std} (in hours) is

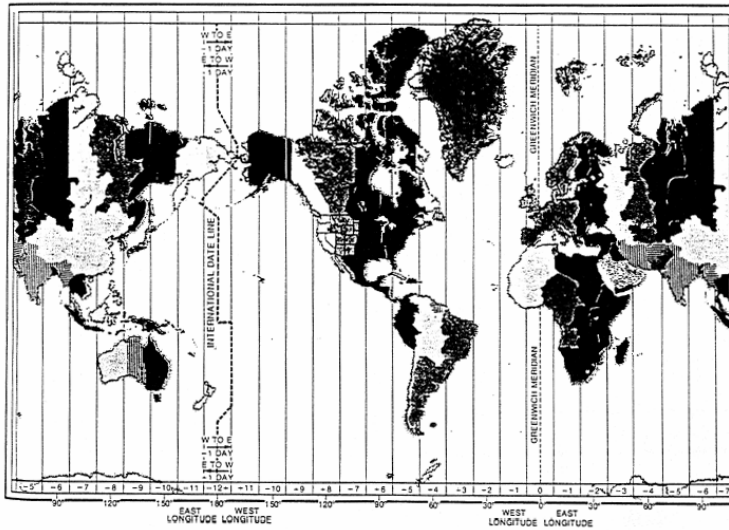
$$t_{\text{sol}} = t_{\text{std}} + \frac{L_{\text{std}} - L_{\text{loc}}}{15^\circ/\text{h}} + \frac{E_t}{60 \text{ min/h}} \quad (6.3)$$

where L_{std} and L_{loc} designate the longitudes (in degrees) of the time zone and the location, respectively. In regions with daylight saving time (DST), one has to subtract 1 h from daylight saving time to obtain t_{std} during the summer half of the year.

3

4

建築光環境-太陽位置



5

建築光環境-太陽位置

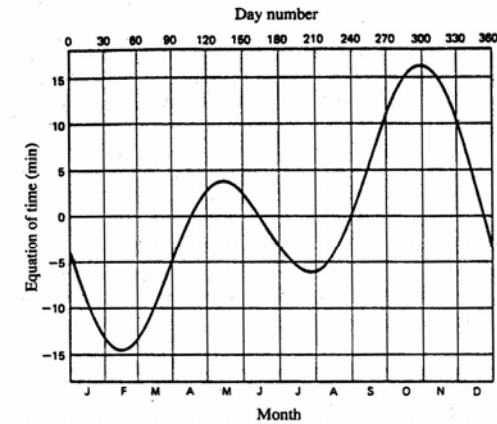


FIGURE 6.2 Equation of time E_t [Eq. (6.1)] (months are rounded to 30 days). (From Duffie and Beckman, 1980.)

6

建築光環境-太陽位置

Example 6.1. At what time t_{DST} (central European daylight saving time) is the sun due south in Paris, on July 21?

GIVEN: $t_{sol} = 12:00$ at $L_{loc} = -2.48^\circ$ ($2.48^\circ E$), with $L_{std} = -15^\circ$ ($15^\circ E$)

FIND: t_{std}

LOOKUP VALUES: $E_t = -6$ min, from Fig. (6.2) or Eq. (6.1)

SOLUTION: Solve Eq. (6.3) for standard time:

$$t_{std} = 12:00 - 4[-15 - (-2.48)] - (-6\text{min}) = 12:56$$

The corresponding daylight saving time is

$$t_{DST} = 12:56 + 1:00 = 13:56$$

The relation between solar and daylight saving time is

$$t_{sol} = t_{DST} - 1:56$$

COMMENTS: The difference between solar and standard time is large because Paris lies quite far from the meridian of its time zone. Daylight saving time t_{DST} is almost 2 h ahead of solar time t_{sol} in this case.

7

建築光環境-太陽位置

ω : 時角 (Hour angle) (degree)

δ : 日赤緯 (Declination) (degree)

λ : 緯度 (Latitude) (degree)

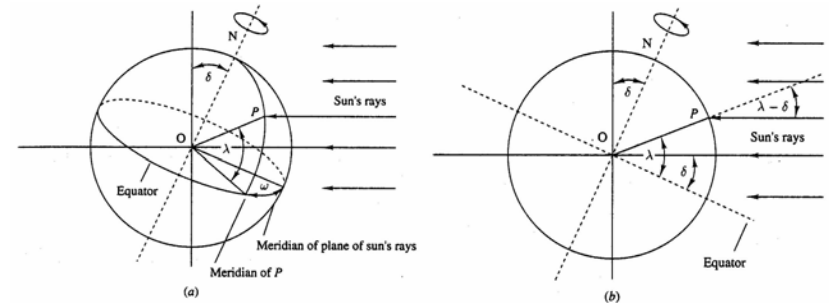


FIGURE 6.3 Latitude λ , hour angle ω , and declination δ . O = center of earth, N = north pole, P = point on earth's surface. (a) Three-dimensional view. (b) Cross-sectional view at solar noon.

8

建築光環境-太陽位置

$$\sin \delta = -\sin 23.45^\circ \cos \frac{360^\circ \times (n + 10)}{365.25} \quad (6.4)$$

where n = day of the year (with $n = 1$ for January 1).

$$\cos \theta_s = \cos \lambda \cos \delta \cos \omega + \sin \lambda \sin \delta \quad (6.5)$$

$$\omega = \frac{(t_{\text{sol}} - 12 \text{ h}) \times 360^\circ}{24 \text{ h}} \quad (6.6)$$

$$\sin \phi_s = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\sin \theta_s} \quad (6.8)$$

It is positive in the afternoon, with ϕ_s pointing west. (Zenith and azimuth are the standard angles of the spherical coordinate system.) Instead of the zenith angle, many people employ the complement, called the *solar altitude angle*:

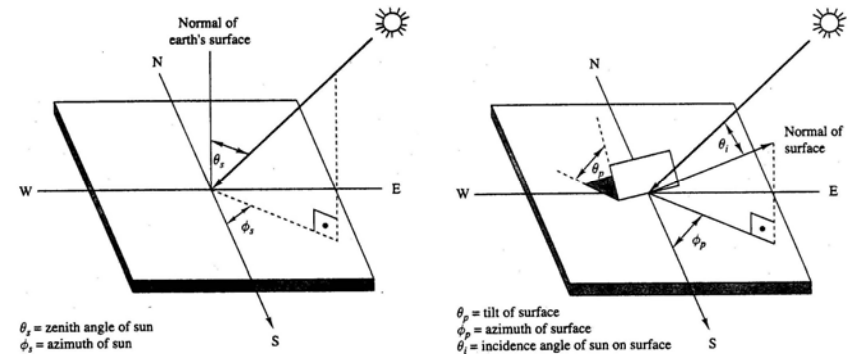
$$\text{Solar altitude angle} = 90^\circ - \theta_s \quad (6.9)$$

9

建築光環境-太陽位置

θ_s : 太陽天頂角 (zenith angle of sun) (degree)
 ϕ_s : 太陽方位角 (azimuth of sun) (degree)

$$\cos \theta_i = \sin \theta_s \sin \theta_p \cos(\phi_s - \phi_p) + \cos \theta_s \cos \theta_p \quad (6.10)$$



10

建築光環境-太陽位置

Example 6.2. What is the solar zenith angle at 16:00 (4:00 p.m.) daylight saving time in Paris, on July 21?

GIVEN: Conditions of Example 6.1. Latitude $\lambda = 48.82^\circ$
 $t_{\text{sol}} = t_{\text{DST}} - 1:56 \text{ h} = 14.07 \text{ h}$ from Example 6.1
 Day of year $n = 181 + 21 = 202$

FIND: θ_s

SOLUTION: First use Eq. (6.4) with $n = 202$ to find the declination

$$\sin \delta = -\sin 23.45^\circ \cos \frac{360^\circ \times (202 + 10)}{365.25} = 0.3482$$

Hence $\delta = 20.38^\circ$; and the hour angle $\omega = 31.05^\circ$ from Eq. (6.6). Finally find the zenith angle θ_s from Eq. (6.5):

$$\cos \theta_s = \cos 48.82^\circ \cos 20.38^\circ \cos 31.05^\circ + \sin 48.82^\circ \sin 20.38^\circ = 0.7909$$

Hence $\theta_s = 37.73^\circ$.

11

建築光環境-太陽路徑圖

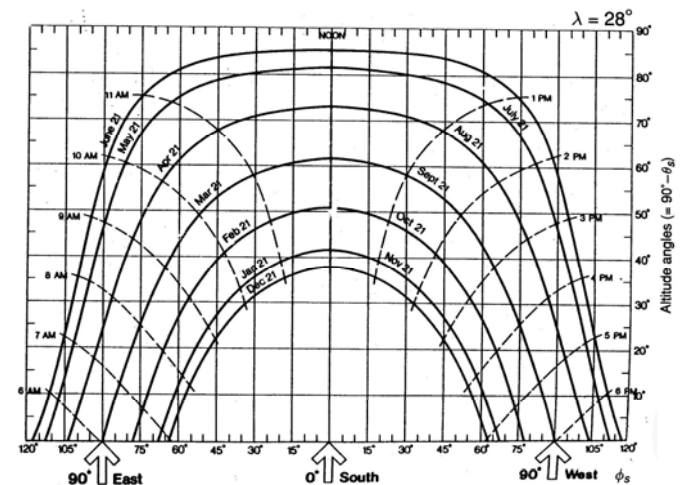
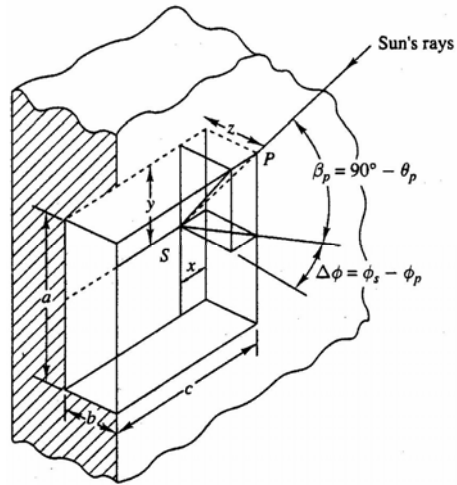


FIGURE 6.6a
 Sun-path diagram: solar altitude angle ($= 90^\circ - \theta_s$) versus azimuth ϕ_s . Time in legends is solar time. (From Mazria, 1979.) Latitude $\lambda = 28^\circ$.

12

建築光環境-遮蔽與遮陽分析



Sun's rays

$$\beta_p = 90^\circ - \theta_p$$

$$\Delta\phi = \phi_s - \phi_p \quad (6.12)$$

$$x = z \tan \Delta\phi \quad (6.13)$$

$$y = z \frac{\cot \theta_s}{\cos \Delta\phi} \quad \text{with } \Delta\phi = \phi_s - \phi_p \quad (6.14)$$

FIGURE 6.8
Coordinates of the shade $S = (x, y, z)$ cast by a point P (in this example P is corner of a rectangular window recess).

13

建築光環境-太陽位置

Example 6.5. A southwest-facing window of height $a = 2$ m (6.56 ft) has right at its top a horizontal overhang of width $b = 0.5$ m (1.64 ft). The overhang extends far enough to either side that the window is shaded uniformly along its entire length. The incidence angles of the sun are as in Example 6.3. What fraction of the window is shaded?

GIVEN: $a = 2$ m **SOLUTION:**

$b = 0.5$ m

$\phi_s = 52.085^\circ$

$\theta_s = 37.69^\circ$

No end effects

SKETCH: Fig. 6.8

FIND: y/a

$\phi_p = 45^\circ$ for southwest-facing vertical surface

$$\Delta\phi = 52.085^\circ - 45^\circ = 7.085^\circ$$

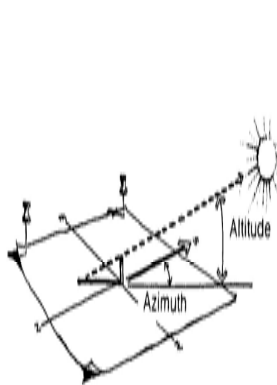
$$y = b \frac{\cot \theta_s}{\cos \Delta\phi} = 0.5 \text{ m} \times \frac{\cot 37.69^\circ}{\cos 7.085^\circ} = 0.65 \text{ m}$$

$$\frac{y}{a} = \frac{0.65}{2.00} = 0.33$$

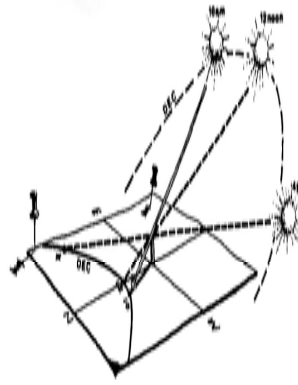
One-third of the window is shaded at this time.

14

建築光環境-太陽位置



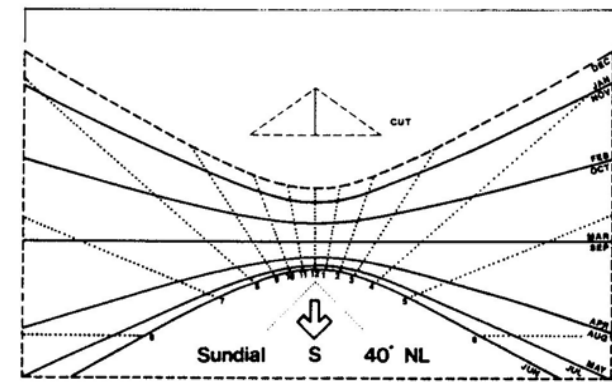
6-7. Shadow location on a sundial at 2 P.M. December 21, 40° north latitude.



6-8. Shadow path for December 21, 40° north latitude. The dotted lines represent lines of sight from sun, through tip of gnomon, to shadow location on sundial.

15

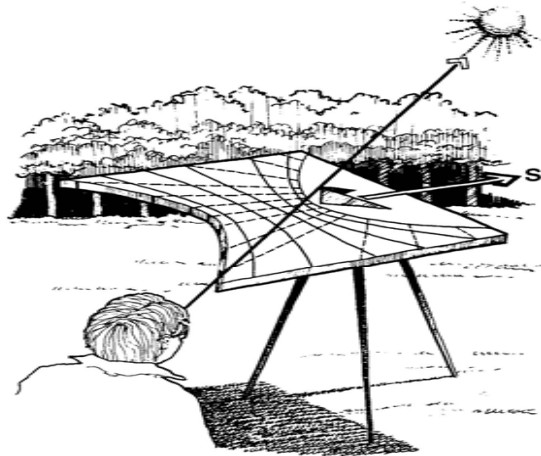
建築光環境-太陽位置



6-9. Completed sundial for 40° north latitude. Arrow indicates south direction. Cut out dashed triangle at top, and glue along dotted line to form gnomon.

16

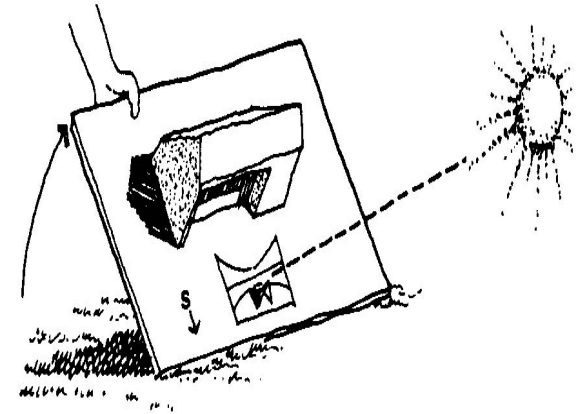
建築光環境-太陽位置



6-10. Use of sundial for preliminary obstruction survey. Sundial is level and oriented south. Sight from north edge, over pointer, to December sun location.

17

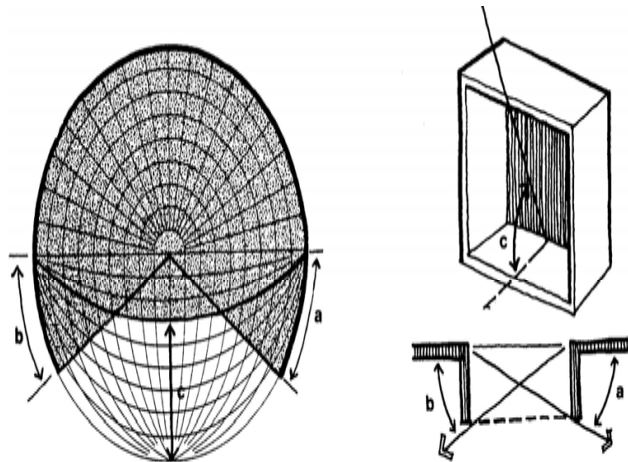
建築光環境-太陽位置



6-11. Model shadow studies using the sundial.

18

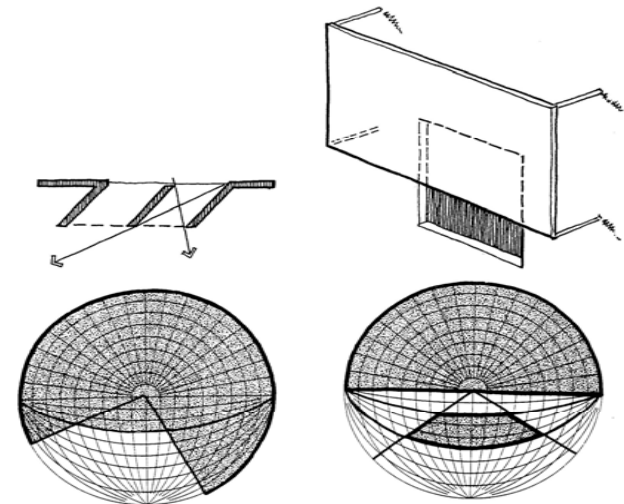
建築光環境-太陽位置



9-8. Glazing shading mask for overhang with vertical fins.

19

建築光環境-太陽位置

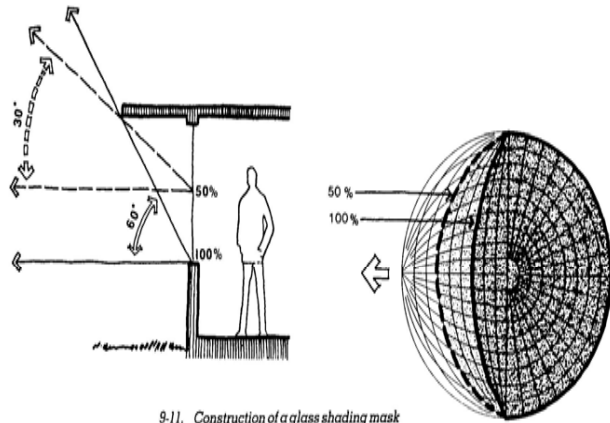


9-9. Glazing shading mask for vertical louvers (plan).

9-10. Glazing shading mask for freestanding panel (parallel to glazing).

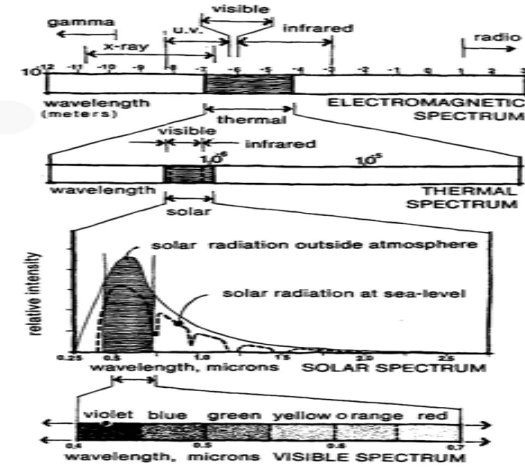
20

建築光環境-太陽位置



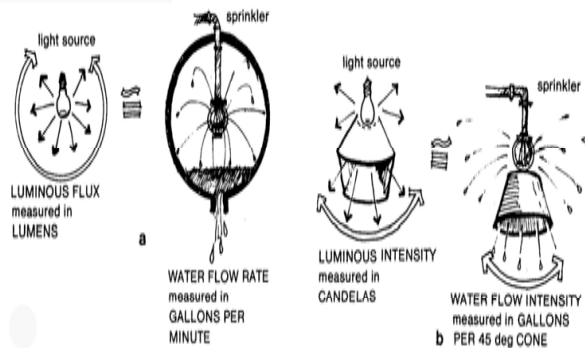
9-11. Construction of a glass shading mask (used for determining times of solar heat gain on glass surfaces). For 100 percent shading, boundary profile angles are taken from outer edge of glazing. For 50 percent shading, these are taken from the midpoint of the glazing.

建築光環境-光的概念



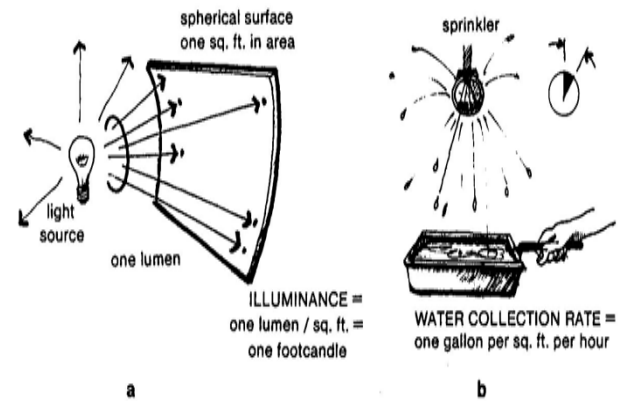
2-2. The electromagnetic spectrum (with enlargements showing the thermal, solar, and visible spectrums).

建築光環境-光的概念



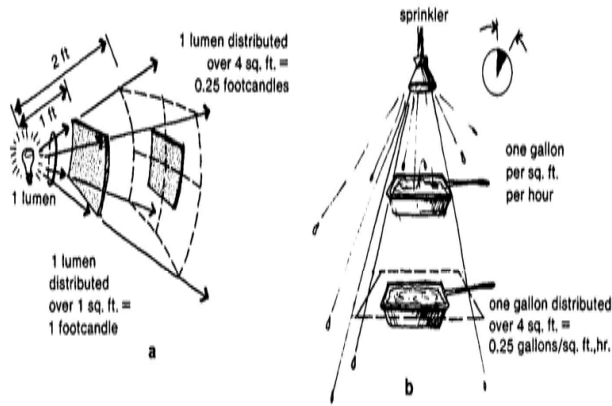
2-3. (a) Luminous flux; (b) luminous intensity (with water analogy).

建築光環境-光的概念



2-4. (a) Illuminance; (b) water analogy.

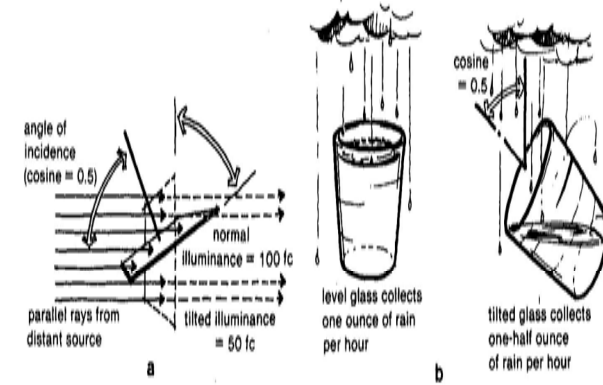
建築光環境-光的概念



2-5. (a) The inverse square effect—*illuminance as a function of distance*; (b) *water analogy*.

25

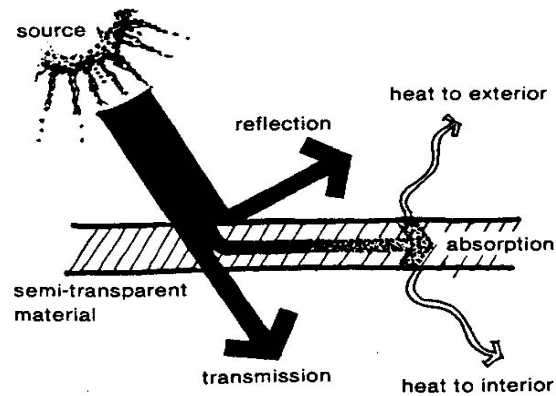
建築光環境-光的概念



2-6. (a) The cosine effect—*illuminance as a function of angle of incidence*; (b) *water analogy*.

26

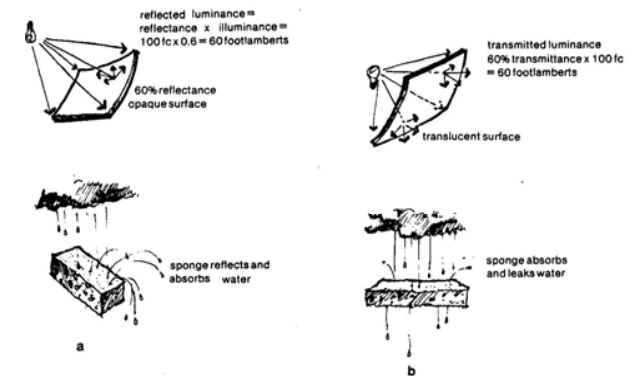
建築光環境-光的概念



2-7. *Light absorption, reflection, and transmission.*

27

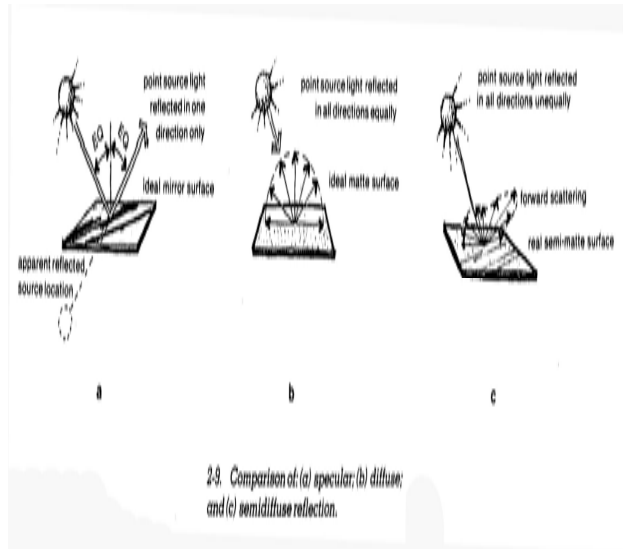
建築光環境-光的概念



2-8. (a) *Reflected luminance*; (b) *transmitted luminance as functions of illumination, reflectance, and transmittance (with water analogy)*.

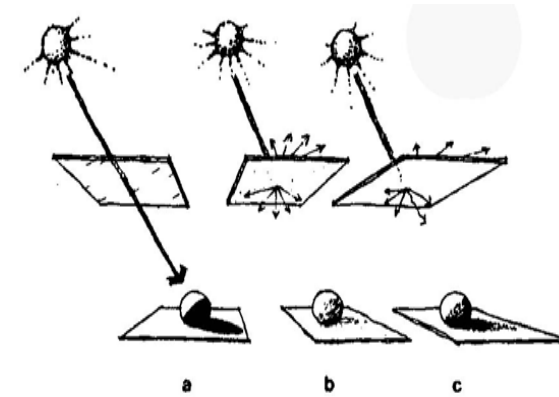
28

建築光環境-光的概念



29

建築光環境-光的概念



2-10. Comparison of (a) specular; (b) diffuse; and (c) semidiffuse transmission.

30

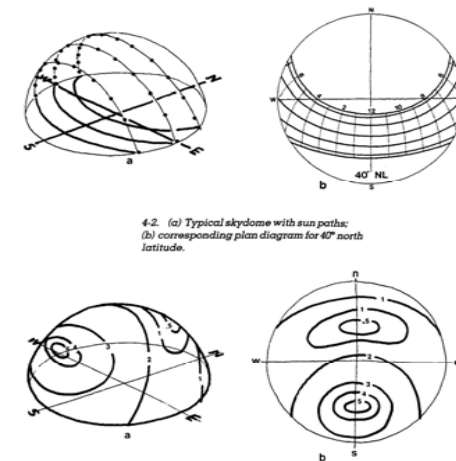
建築光環境-光的概念

LIGHT SOURCE	EFFICACY (lumens/watt)	SOURCE
Sun (altitude = 7.5 degrees)	90 lm/w	(a)
Sun (altitude > 25 degrees)	117 lm/w	(a)
Sun (suggested mean altitude)	100 lm/w	(a)
Sky (clear)	150 lm/w	(a)
Sky (average)	125 lm/w	(a)
Global (average of sky and sun)	115 lm/w	(a)
Incandescent (150 w)	16-40 lm/w	(b)
Fluorescent (40 w, CWX)	50-80 lm/w	(b)
High Pressure Sodium	40-140 lm/w	(b)

4-1. Efficacy of various forms of daylight and electric lamps (sources: (a) Hopkinson et al., 1966; (b) I.E.S., 1981).

31

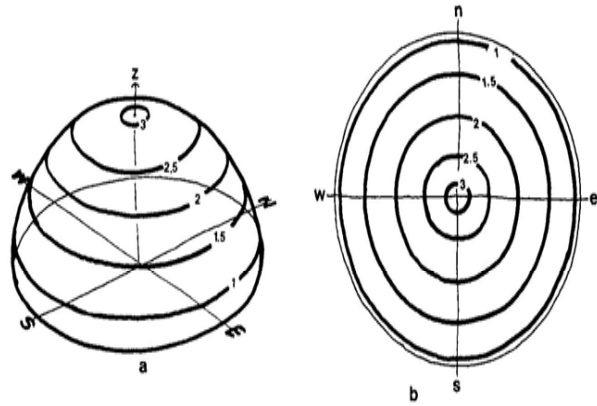
建築光環境-光的概念



4-3. (a) Typical clear skydome; (b) plan with isoluminance contours showing 10 to 1 distribution ratio (greenest luminance near sun, least ninety degrees from sun).

32

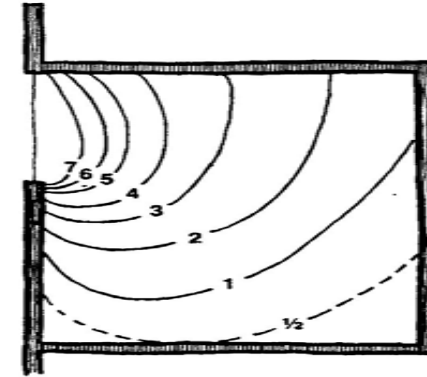
建築光環境-光的概念



4-4. (a) Typical overcast skydome; (b) plan with isoluminance contours showing 3 to 1 ratio (greatest at zenith, least at horizon).

33

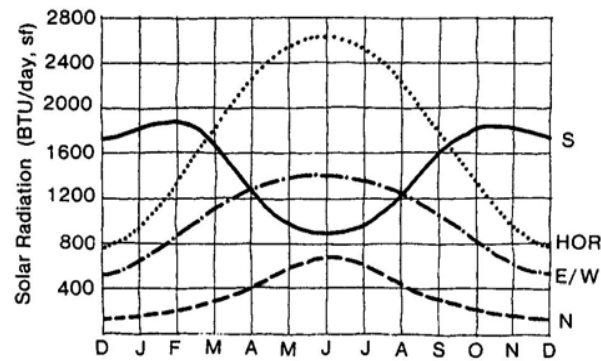
建築光環境-光的概念



2-11. Floor plan with daylight factor isolux contours. The contours represent lines of equal illuminance, measured in a horizontal plane 30' above the floor. Widely spaced contours represent a relatively uniform illuminance distribution.

34

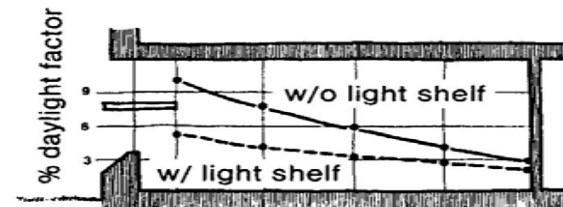
建築光環境-光的概念



10-1. Comparison of total solar energy incident on various building surfaces by month. (S = south vertical, HOR = horizontal, E/W = east or west vertical, N = north vertical.) (After Mazria, 1979)

35

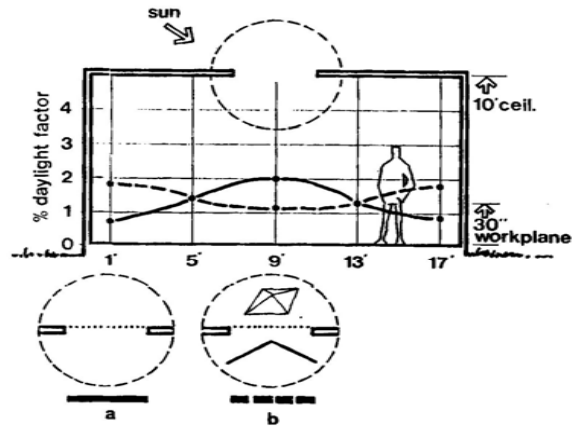
建築光環境-光的概念



2-12. Section with daylight factor curves resulting from physical model studies of alternative window configurations. Flat curves represent relatively uniform illuminance in the horizontal workplane at various distances from the window; steep curve slopes denote an abrupt illuminance gradient.

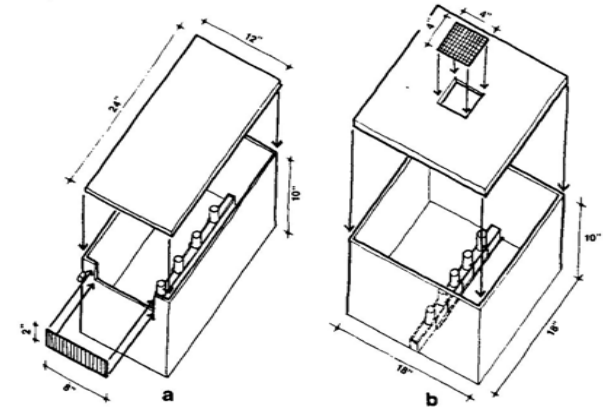
36

建築光環境-光的概念



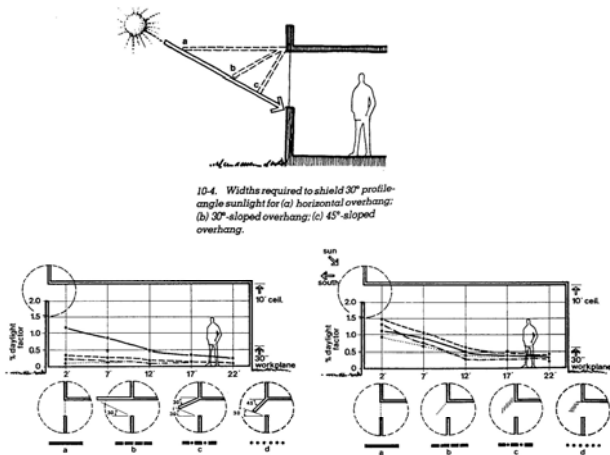
10-2. Comparison of interior illuminances: (a) horizontal, flat skylight with high-diffusion translucent glazing; (b) same with mirror-finish reflector.

建築光環境-光的概念



10-3. One-to-twelve scale (1" = 1') test models used for fenestration comparison experiments: (a) wall fenestration model; (b) roof fenestration model.

建築光環境-光的概念

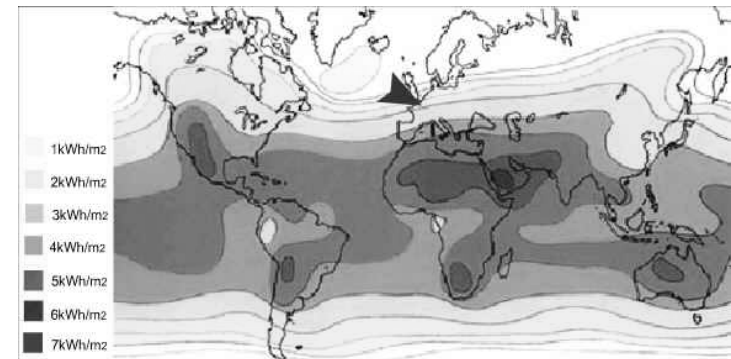


10-4. Widths required to shield 30° profile-angle sunlight for (a) horizontal overhang; (b) 30° sloped overhang; (c) 45° sloped overhang.

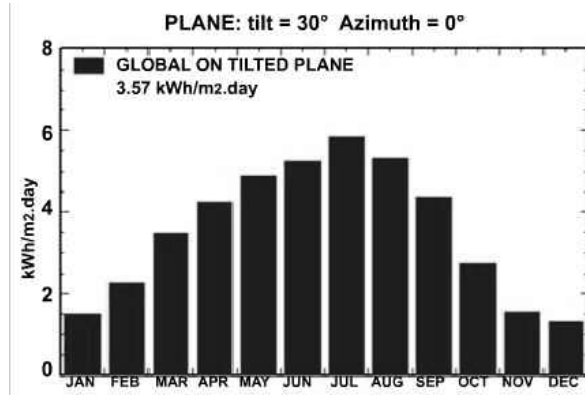
10-5. Effect of solid overhang slope on interior illuminances: (a) reference translucent glazing; (b) horizontal overhang, clear glazing; (c) 30° slope, clear glazing; (d) 45° slope, clear glazing (30° solar altitude, noon).

10-6. Effect of diffusing awnings on interior illuminances: (a) reference translucent glazing; (b) translucent awning, clear glazing; (c) white, horizontal slatted awning, clear glazing; (d) white, vertical slatted awning, clear glazing.

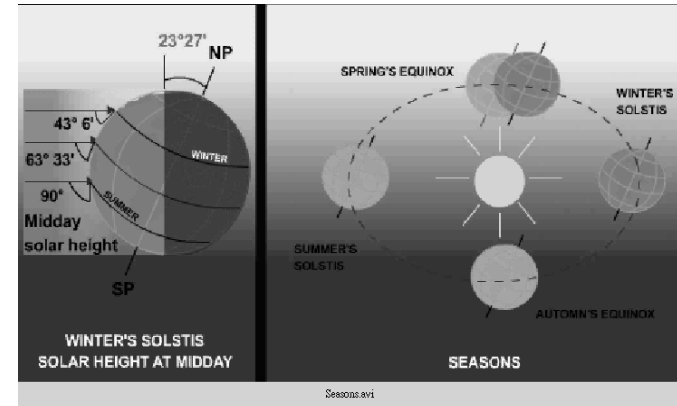
濕氣與結露-光的概念



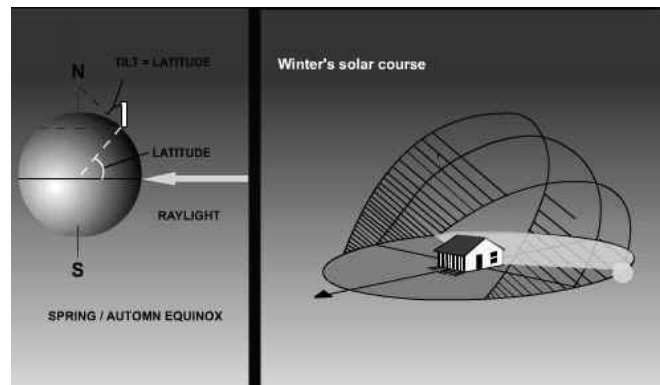
濕氣與結露-光的概念



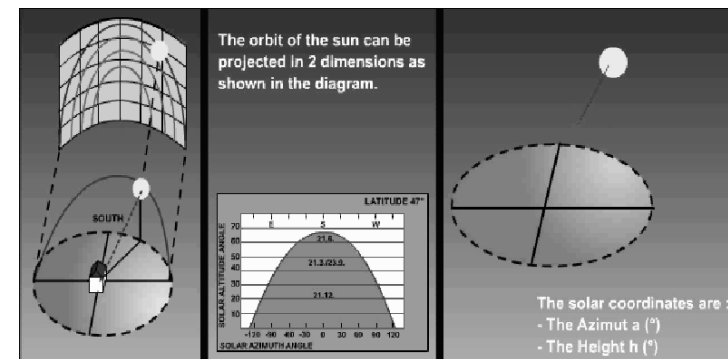
濕氣與結露-光的概念

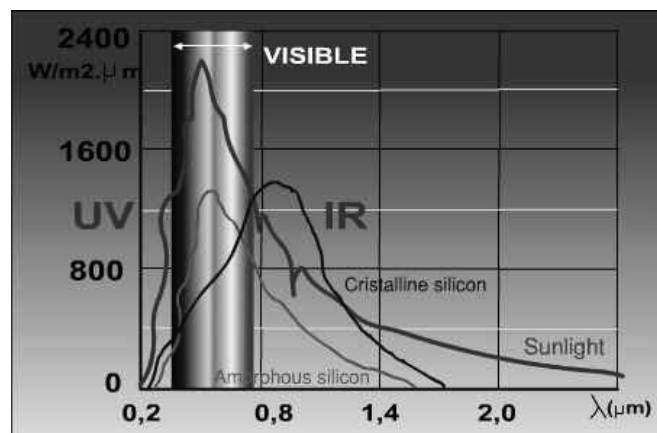


濕氣與結露-光的概念



濕氣與結露-光的概念





~The End~

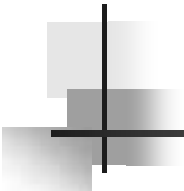
參考文獻：

- Heating and Cooling of Building, J. F. Kreider and A. Rabl, 1994, McGraw-Hill
- Concepts and Practice of Architectural Daylighting, F. Moore, 1985, Van Nostrand Reinhold.
- 現代人類的居住環境, 林憲德, 1994, 胡氏書局
- 建築物理環境, 賴榮平, 林憲德, 周家鵬, 1991, 六合書局
- 室內照明設計原理, 石曉蔚, 1997, 淑馨出版社

節能設計(一)

李魁鵬

2



節能設計-節能設計概論

日常節能指標群

1. 外殼節能

建築配置節能、適當的開口率、外遮陽、開口部玻璃、開口部隔熱與氣密、外殼構造及材料、屋頂構造及材料、帷幕牆

2. 通風節能

善用地形風、季風通風配置、善用中庭風、運用植栽控制氣流、開窗通風性能、大樓風之防治、風力通風、浮力通風、通風塔

3. 空調節能

空調分區、風扇空調並用系統、大空間分層空調、空調回風排熱、吸收式冷凍機及熱源台數控制、儲冷槽系統、VAV空調系統、VRV空調系統、VWV空調系統、全熱交換器系統、CO2濃度外氣控制系統、外氣冷房系統、建築能源管理系統

節能設計-節能設計概論

日常節能指標群

4. 照明節能

照明光源、照明方式、間接光與均齊度照明、照明開關控制、開窗面導光、屋頂導光、善用戶外簾幕

5. 新能源利用

太陽能熱水系統、太陽能電池

節能設計-節能設計概論

規範對於ENVLOAD，以簡單的一次方程式來計算精確的空調耗能量，其簡算式的形式如下：

$$\text{ENVLOAD} = a_0 + a_1 \times G + a_2 \times L \times \text{DH} + a_3 \times (\sum \text{Mk} \times \text{IHk})$$

其中

ENVLOAD：建築外殼耗能量 $[\text{Wh} / (\text{m}^2\text{-fl-area} \cdot \text{yr})]$

L：外殼熱損失係數 $[\text{W} / (\text{m}^2\text{-fl-area} \cdot \text{K})]$

Mk：k方位外殼面的日射取的係數[—]

G：全年室內發散熱量 $[\text{Wh} / (\text{m}^2\text{-fl-area} \cdot \text{yr})]$

DH：當地之“冷房度時”或“暖房度時” $[\text{K} \cdot \text{h} / \text{yr}]$ ，冷、暖房度時以基準溫度23、20°C為計算標準

IHK：當地k方位外殼面之“冷房日射時”或“暖房日射時” $[\text{Wh} / (\text{m}^2 \cdot \text{yr})]$ ，冷、暖房日射時以基準溫度23、20°C為計算標準

a_0 ：常數 $[\text{Wh} / (\text{m}^2 \cdot \text{yr})]$ ，冷、暖房日射時以基準溫度23、20°C為計算標準

a_1 、 a_2 、 a_3 ：偏回歸係數，代表各項熱負荷行為之加成綜合效果關係，這些係數是經多次重回歸分析法分析而得的。

外殼節能-建築配置節能

技術原理說明：

1. 配置：

在亞熱帶氣候下，在基地計畫上作正確的節能配置，以辦公大樓為例，幾乎可節省三、四成左右的空調耗能量。

2. 方位：

以台灣地區而言房屋的朝向以南北向最有利，而以東西向得熱量最多，係以日射量的多寡排列之優先順序。

台灣地區5~10月各方位日射能量之比例

方位	比例
南面	1
東面	1.24
西面	1.24
北面	0.81
水平面	2.78

外殼節能-建築配置節能

3. 外型：

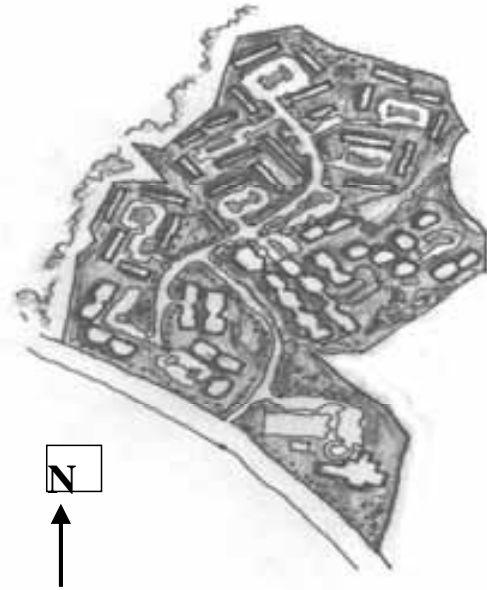
(1) 大規模之全面空調的大型建築物，如醫院、辦公大樓、旅館、及大型展示中心，為降低空調負荷，可採用較集中的正方形，減少表面積也減少日射得熱。顧及晝光分布以及通風考量，一般較適宜之長寬比以1:2或1:3之南北向建築為佳。

(2) 小規模之一般住宅與觀光旅館之客房部分則以細長，表面積多的建築物型態為佳，使得各規劃空間兼具通風、採光之效果。

外殼節能-建築配置節能



比例配置方案A

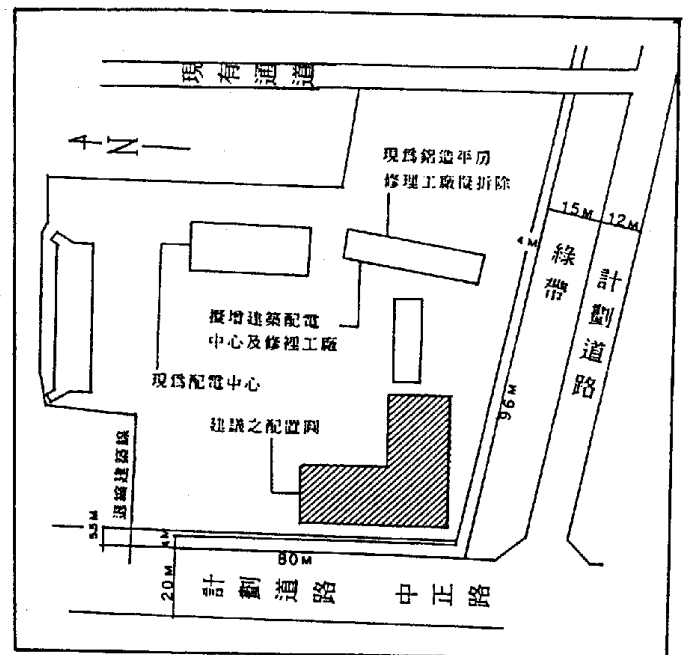


比例配置方案B

外殼節能-建築配置節能



比例配置方案A

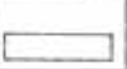

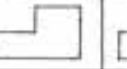




比例配置方案B

外殼節能-建築配置節能

平面配置的節能計畫效果達到降低 ENVLOAD 值 30.4% 的效果，影響甚大。

外遮陽達到降低 ENVLOAD 值 25.3% 的節能效果。

平面形狀						
立面之處理	玻璃	5m/m	5m/m	5m/m	5m/m	5m/m
	性質	普通玻璃	普通玻璃	普通玻璃	吸熱玻璃	吸熱玻璃
遮陽處理	遮陽處理	無遮陽處理	無遮陽處理	有遮陽處理	有遮陽處理	有遮陽處理
	屋頂隔熱情形	一般情形 (U=1.2)	一般情形 (U=1.2)	一般情形 (U=1.2)	一般情形 (U=1.2)	隔熱處理 (U=1.02)
ENVLOAD 值之比較	184	128	81.6	79.4	77.9	
單位	kwh/m ² /y					

外殼節能-適當的開口率

技術原理說明：

溼熱氣候地區，開口部對建築物熱負荷影響很大，建議如下：

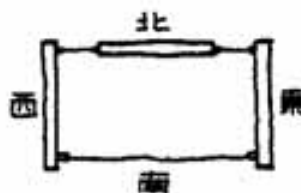
1. 因地制宜
2. 東西向避免無遮陽的開口部
3. 依用途別來決定開口部的大小
4. 避免全面落地玻璃的建築外殼



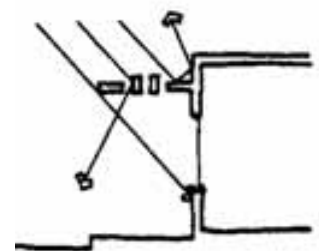
台北實際開口率35%



高雄實際開口率27%



東西向避免無遮陽的開口部



以遮陽設施來減少開口部日射得熱

外殼節能-適當的開口率



左圖為台電新營區營業處辦公大樓之北-西向立面照片，有關於外殼節能之開口部設計如下：

1. 東西向儘量減少開口部，以避免東西向強烈的日曬。
2. 西向中正路處為大樓主門面，故不得不採用必要的大門與開窗。
3. 大門乃採用退縮方式，增加遮陽。
4. 大門上方的開窗則採深陽台，以阻擋西曬陽光。

外殼節能-適當的開口率



上圖為某大樓建築開口立面，開口率宜控制在40%以下。



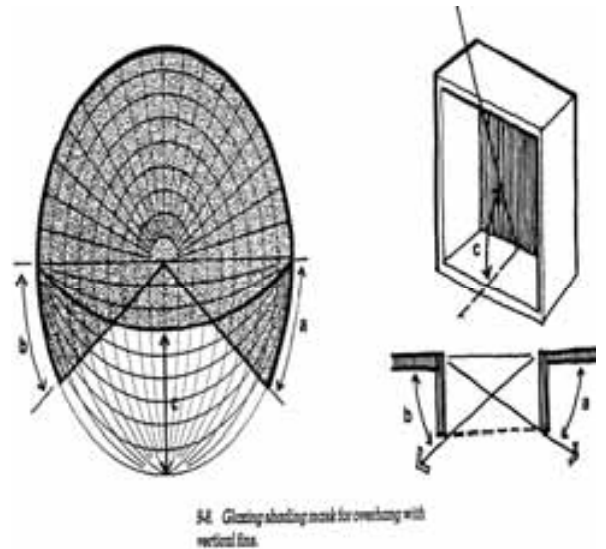
如上圖，大開口外殼宜配置深遮陽，在亞熱帶地區常伴隨著遮陽型式設計作為立面造型的一環。

外殼節能-外遮陽

技術原理說明：

外遮陽設計在亞熱帶地區是節能最有效的方法之一，它影響整體空調耗能變動約兩成左右。例如南向仰角45度的水平遮陽版（一米窗高，一米遮陽深度）可輕易遮去68%的日射熱，而室內遮陽百葉簾只能遮掉17%的日射熱。就熱濕氣候之建築外殼遮陽重點如下：

1. 熱濕氣候建築外殼遮陽效果比隔熱效果好。
2. 外遮陽設施有助於減輕日射負荷，其節能效果對於室內發熱量大的建築物更形明顯。

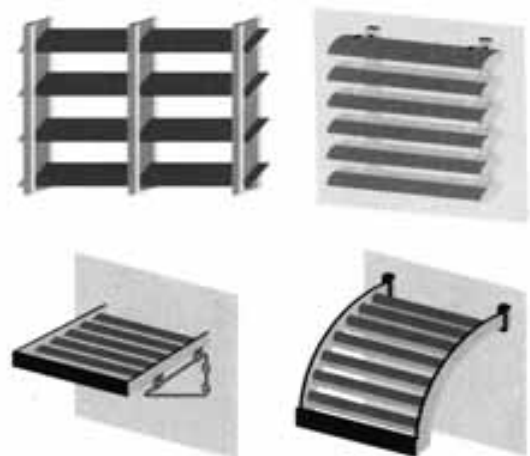


外殼節能-外遮陽

遮陽的型式：

1. 水平遮陽：

可擋高度角傾射之輻射線，台灣位於北緯，南向立面最適合使用水平遮陽。



外殼節能-外遮陽

2. 垂直遮陽：

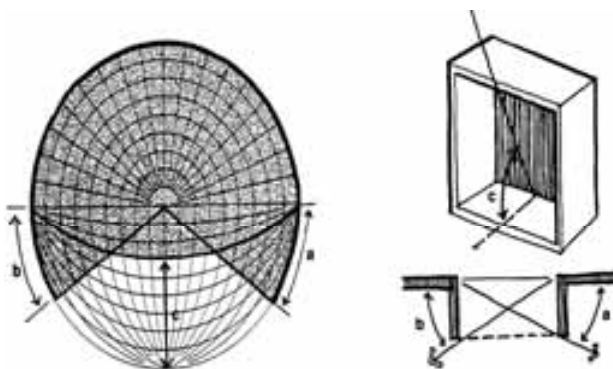
可擋方位角斜射之日射，台灣地區東西向射入室內的輻射角度很低（早晨及午後），水平遮陽較無效果，非改用垂直式遮陽不可，然而垂直遮陽對風向有引導及屏障兩種作用，可能宜小心處理避免引起通風不良。外遮陽設施有助於減輕日射負荷，其節能效果對於室內發熱量大的建築物更形明顯。



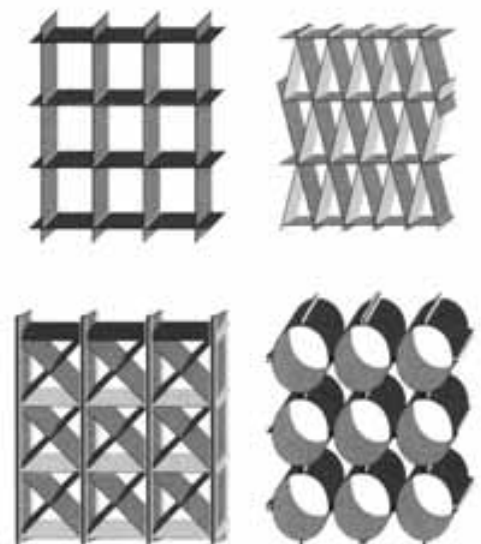
外殼節能-外遮陽

3. 格子遮陽：

兼具水平及垂直遮陽之優缺點，各方位的效果差異不大，為一理想的遮陽形式。



34. Glazing shading most for overhang with vertical fins.



外殼節能-外遮陽

4. 導光與遮陽並用：

利用可改變角度或長度之導光板來採光或遮陽，過去傳統型遮陽版有陰暗笨重之感，讓人不樂於採用，新型遮陽版設計採用金屬材料，例如以金屬穿孔版、百葉版、流線型版、半透明版、組合設計而成的遮陽版，令人為之耳目一新。



瑞士某大樓之具導光功能的半透明遮陽版設計實例

外殼節能-外遮陽



新加坡某學校遮陽設計實例



吉隆坡渣打銀行外遮陽設計

外殼節能-外遮陽



外遮陽設計實例



吉隆坡某大樓外遮陽設計

外殼節能-外遮陽



輕量化的設計實例



某辦公大樓外遮陽設計實例

外殼節能-外遮陽



輕量化遮陽與厚重遮陽混和設計，所產生有趣對比的建築立面設計實例



良好的遮陽設計必須兼顧室內的視野以及自然採光

外殼節能-開口部玻璃

技術原理說明：

玻璃的節能特性：

1. 玻璃的隔熱能力，亦是熱傳透率 U 值。
2. 玻璃的遮陽能力，亦即日射透過率 η_i 值。

⇒ 在台灣的玻璃節能對策首重玻璃的遮蔽性能。

⇒ 必先減少透窗面至40%下，再談玻璃節能對策。

玻璃種類	熱傳透率 U_i [W/(m ² k)]
6mm普通單層玻璃	6.16
6mm+6mm普通雙層玻璃	3.23

外殼節能-開口部玻璃

玻璃總類		日射透過率 η_i 值
透明玻璃	12mm單層普通玻璃	0.78
	6mm單層普通玻璃+6mm空氣層+6mm單層普通玻璃	0.73
吸熱玻璃	12mm棕色單層玻璃	0.60
	6mm棕色單層玻璃+6mm空氣層+6mm棕色單層玻璃	0.60
反射玻璃	12mm吸熱反射單層玻璃	0.44
	6mm吸熱反射單層玻璃+6mm空氣層6mm+吸熱反射單層玻璃	0.43
Low-e玻璃	6mm Low-e玻璃+6mm空氣層6mm+6mm Low-e玻璃	0.33

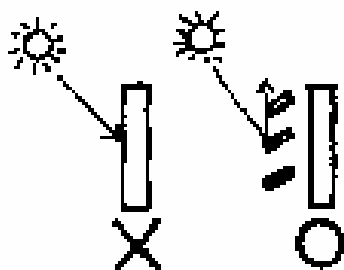
外殼節能-外殼構造及材料

技術原理說明：

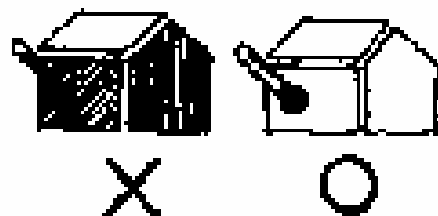
不透明部分的外殼之節能特性主要與壁體的熱傳透率（U值）即隔熱能力有關，但是它也承受來自日射的吸熱影響，因此增加隔熱性能與降低日射吸熱因子是其節能之道。

12cm厚的RC外牆其U值高達3.78，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在0.71以下。U值最好在 $2.5W/(m^2k)$ 以下為宜。白色牆體具有90%之反射率，而紅磚混凝土建材則在10%~50%之間。

1. 提高壁體遮蔽性能

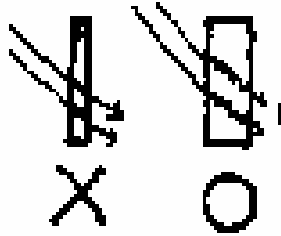


2. 選用淺色外裝材料

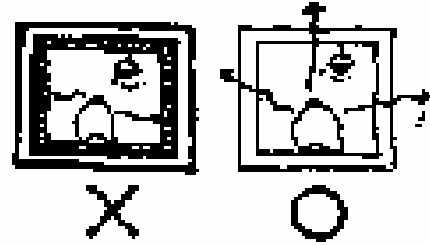


外殼節能-外殼構造及材料

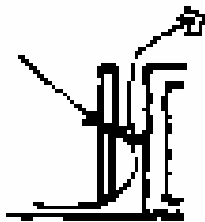
3. 增加壁體厚度



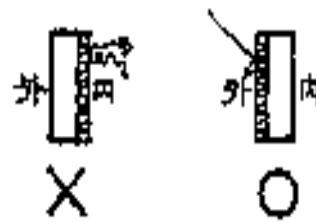
4. 辦公建築不宜過度注重隔熱



5. 多採用雙層外殼的構造方式



6. 隔熱層置於室外側



外殼節能-屋頂構造及材料

技術原理說明：

熱濕地區緯度較低，屋頂接受極大日射熱，屋頂節能要考慮之因子如下：

1. 增加屋頂的遮陽能力：

水平天窗會使ENVLOAD值劇增，台灣水平方位的日射量為南向的2.78倍。每在水平面開一面窗，在南面就必須減少2.78倍的開窗面積，可考慮改成側向型天窗改善，避免大量的水平日射。

2. 增加屋頂的隔熱能力：

屋頂隔熱層設在外側較佳，並且加以利用屋頂空氣層可以達到隔熱與通風的目的。

外殼節能-屋頂構造及材料

屋頂部位的節能對策：

1. 遮蔽日射
2. 避免水平天窗
3. 鋪設隔熱層
4. 降低屋面溫度
5. 加設天花並留空氣層
6. 採用雙層屋頂構造
7. 屋頂通風塔或排氣裝置（限用於非空調空間）



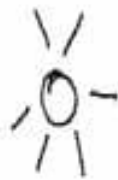
台南長榮女中的通風塔實例

外殼節能-屋頂構造及材料

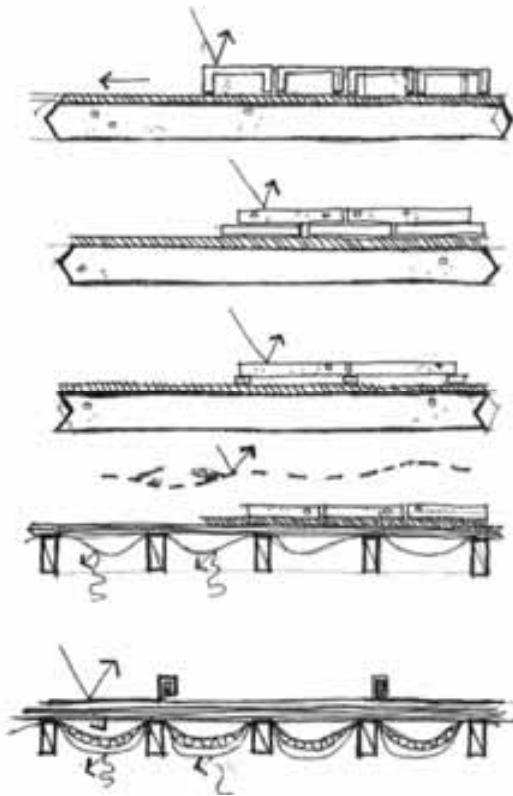
6.9 The use of bulk ceiling insulation is beneficial for attic spaces in moderate climates as can be seen.

right: in summer, heat gain due to heat build-up is reduced. It is important that the internal spaces are well ventilated otherwise the insulation can trap heat at night

left: in winter heat loss from the internal spaces is reduced



外殼節能-屋頂構造及材料



6.15 Alternative low inclination roof configurations:
 left: typical roofing layers
 top: double roof, concrete substrate, membrane, concrete blocks
 next: inverted roof, concrete substrate, membrane, insulation, paving
 next: as above but pads substituted for insulation to give air gap
 next: timber substrate, polymer membrane, bonded paving
 bottom: insulation, plywood substrate, moisture barrier, metal
 right: inverted roof system

外殼節能-屋頂構造及材料



左圖為嘉義市二二八紀念公園雙層外殼以及覆土屋頂構造實例

外殼節能-帷幕牆

技術說明與原理：

1. 金屬玻璃帷幕牆具有輕量化、不燃化、耐震、施工迅速等優點，在現代都市高樓化，防火、防震、施工安全的要求前提下，已成為不可阻擋的趨勢，今後將成為高樓建築的設計主流。
2. 金屬玻璃帷幕外牆可以減少傳統RC外牆大量的鋼筋、混凝土使用量，對於減少高耗能建材使用所達到的節約能源、資源有很大的幫助。而且金屬玻璃帷幕外牆較易於回收利用，對於資材的再生循環有相當的助益。

外殼節能-帷幕牆



帷幕牆設計已成為當今高樓建築設計的主流，但是低隔熱、無遮陽之玻璃帷幕則為能源殺手

外殼節能-帷幕牆



金屬玻璃帷幕透過良好的設計仍可設計出美麗的遮陽並成為造型的特色

外殼節能-帷幕牆



因加裝空調機而被毀容的
玻璃大樓立面

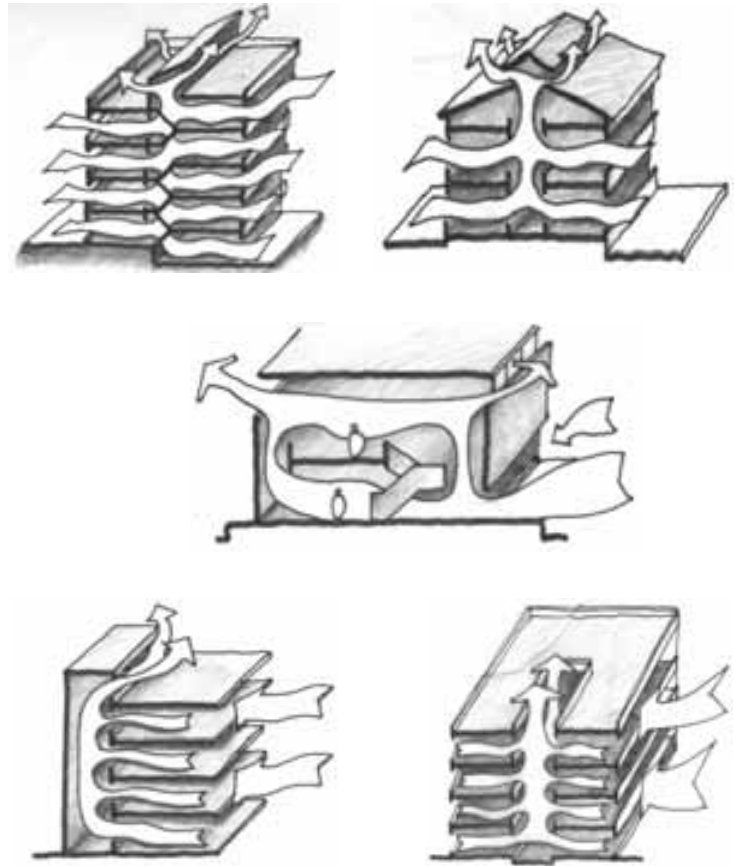


高反射玻璃大樓造成的反光
公害

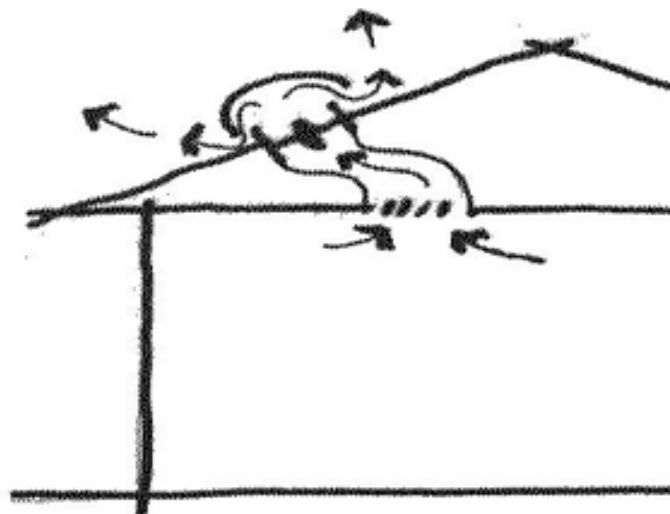
通風節能-浮力通風設計

技術說明與原理：

所有垂直向的流通空間，如室內中庭(Atrium)、挑高夾層、凸屋頂、樓梯間、升降梯間及各種管道間均可利用煙囪效應，或輔助太陽輻射熱，產生浮力通風達到室內降溫的目的。



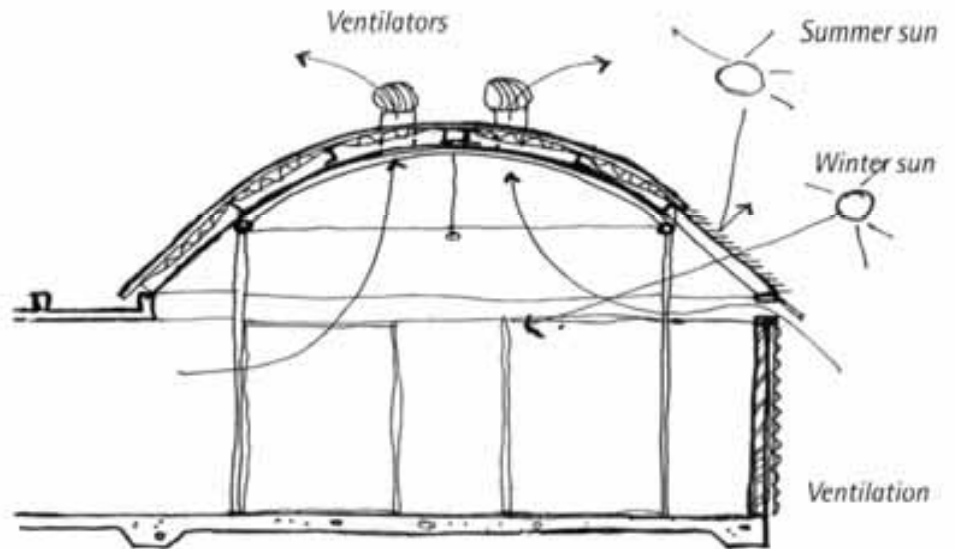
通風節能-浮力通風設計



10.16 Mechanically assisted airshaft system for domestic scale buildings

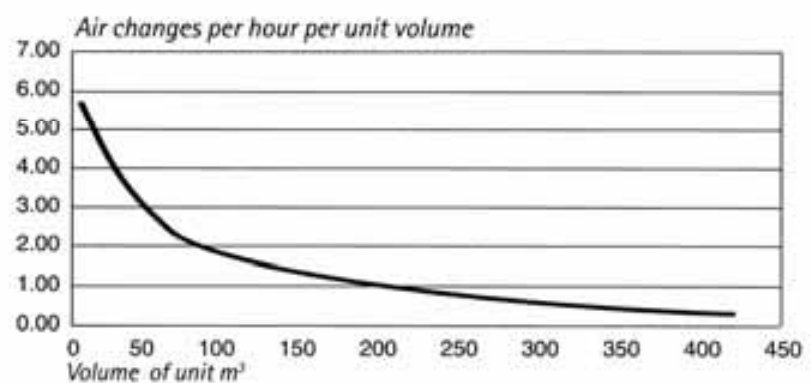
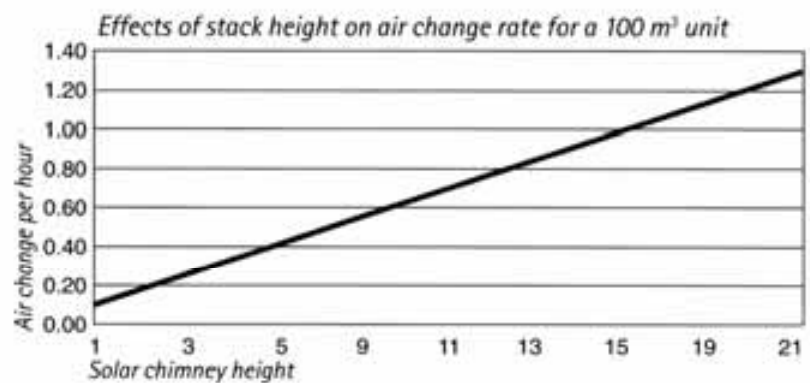
通風節能-浮力通風設計

7.24 Section through the Kempsey Museum showing valve effects for winter and summer mode



通風節能-浮力通風設計

10.19 Graphs showing the preliminary sizing of elements for a solar chimney to give ventilation:
 top: air changes per hours for a particular unit size given a 20 metre stack
 bottom: air changes per hour for a unit size of 100 m³ related to stack height

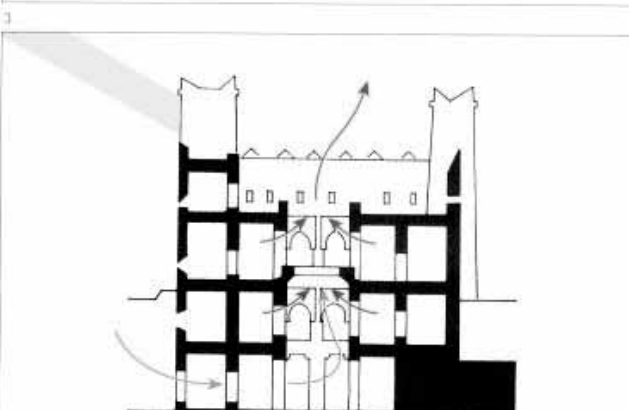
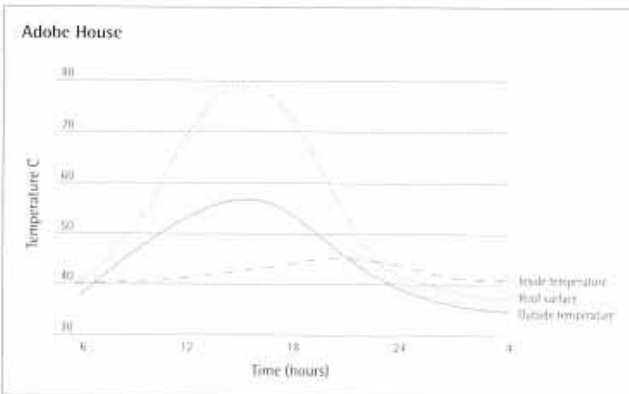
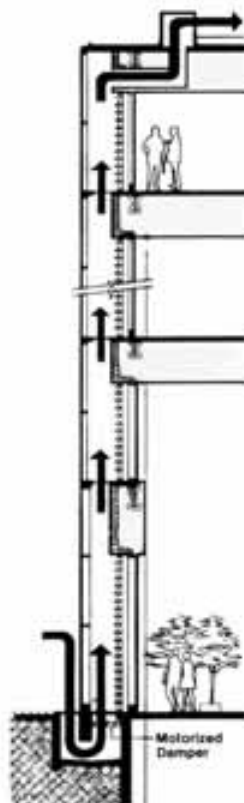


通風節能-浮力通風設計

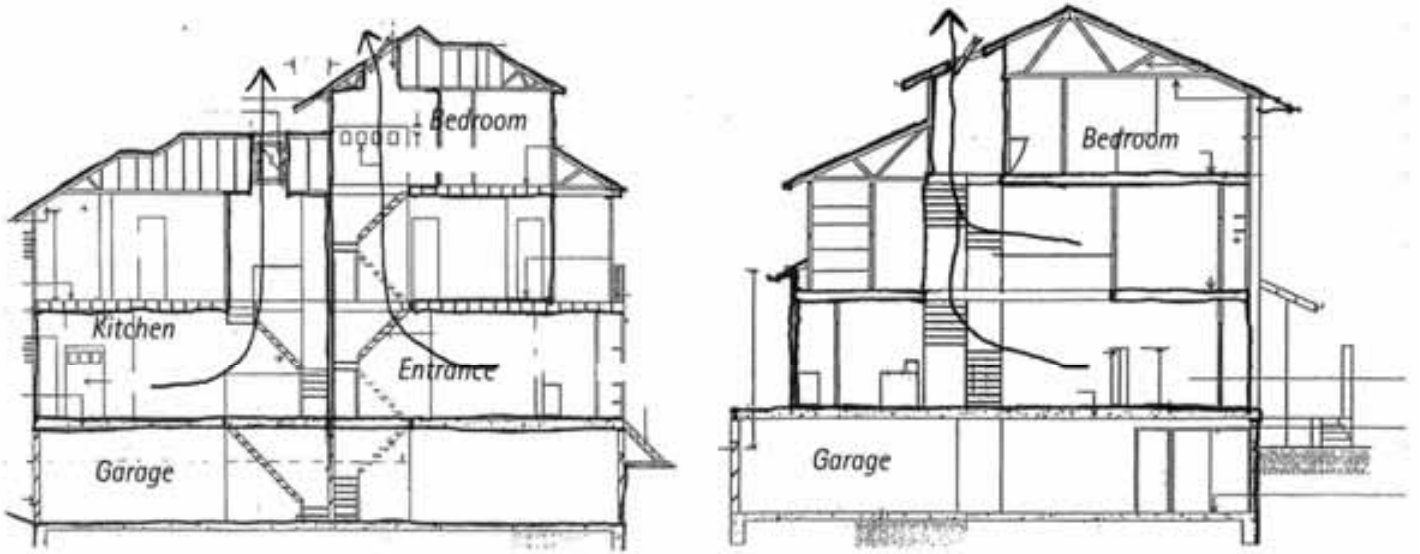
10.17 Plan and section of an air well showing thermal dynamic forces



通風節能-浮力通風設計



通風節能-浮力通風設計



10.22 Air shaft used in conjunction with the vertical circulation system

通風節能-浮力通風設計

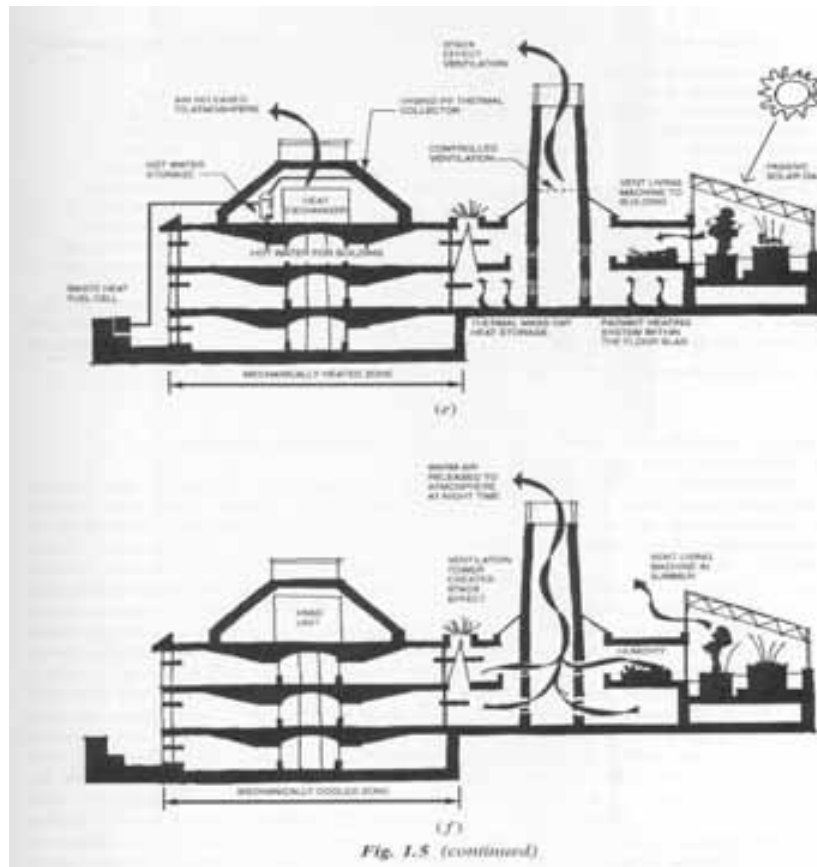
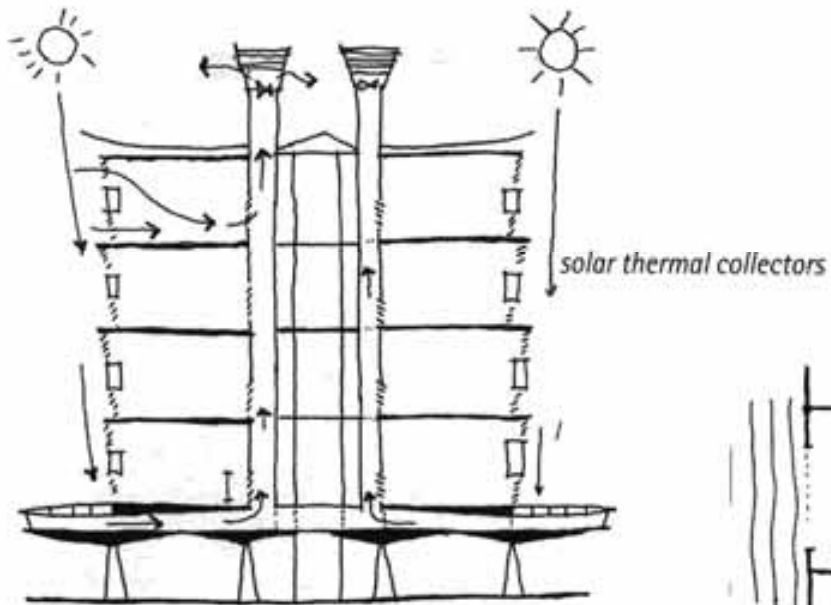


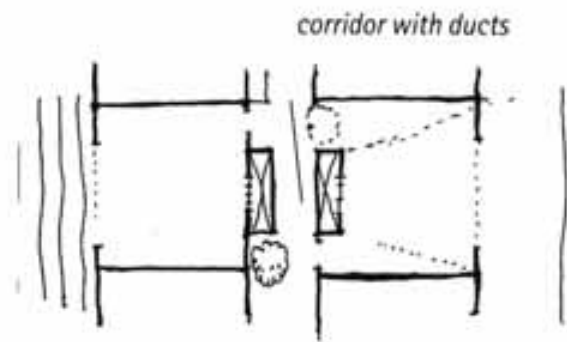
Fig. 1.5 (continued).

通風節能-浮力通風設計



10.18 *Solar chimney proposed by S.P. Rao for apartments in Singapore. The ventilation system is driven by heat generated from solar thermal collectors located at the base of the stack:*

*left: section through apartments showing central corridor and ducts
below: plan of a typical bay*



節能設計(三)

李魁鵬

照明節能-照明光源

技術原理說明：

依室內空間的需求，採用下列手法：

1. 採用高效率之光源
2. 定期更換老舊燈管與清洗
3. 採用新型照明器具反射板
4. 採電子安定器

ASHRAE/IESNA 90.1 照明電力密度標準

Building Type	Lighting Power Density		Building Type	Lighting Power Density	
	(W/ft ²)	(W/m ²)		(W/ft ²)	(W/m ²)
Automotive Facility	1.5	16	Museum	1.6	17
Convention Center	1.4	15	Office	1.3	14
Court House	1.4	15	Parking Garage	0.3	3
Dining: Bar	1.5	16	Penitentiary	1.2	13
Lounge/Leisure			Performing Arts	1.5	16
Dining: Cafeteria/Fast Food	1.8	19	Theater		
Dining: Family	1.9	20	Police/Fire Station	1.3	14
Dormitory	1.5	16	Post Office	1.6	17
Exercise Center	1.4	15	Religious Building	2.2	24
Gymnasium	1.7	18	Retail	1.9	20
Hospital/Health Care	1.6	17	School/University	1.5	16
Hotel	1.7	18	Sports Arena	1.5	16
Library	1.5	16	Town Hall	1.4	15
Manufacturing Facility	2.2	24	Transportation	1.2	13
Motel	2.0	22	Warehouse	1.2	13
Motion Picture Theater	1.6	17	Workshop	1.7	18
Multi-Family	1.0	11			

照明節能-照明光源

人工光源基本性能比較

光源種類		色溫度(°k)	效率(lm/w)	壽命(hr)
白熾燈	一般燈泡	2800	7.6~21	1000
	反射燈泡	2800	12	1000~2000
	鹵素燈泡	3000	18~20	1000~2000
螢光燈	一般燈管	4200	48~80	7500~10000
	高功率螢光燈	5000	70~80	7500~10000
	電燈泡型	3800	30~50	6000
水銀燈		4200~5800	32~55	10000
複金屬燈		5000~6000	70~90	8000
鈉氣燈	高壓	2000~2500	90~120	12000
	低壓	2000	140	9000

照明節能-照明光源

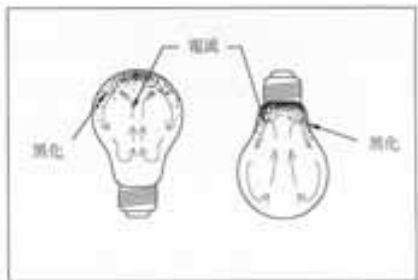


圖 4-3 蒸化作用導致於燈絲的斷裂電流移動，則導致於燈毀

白熾燈之構造圖

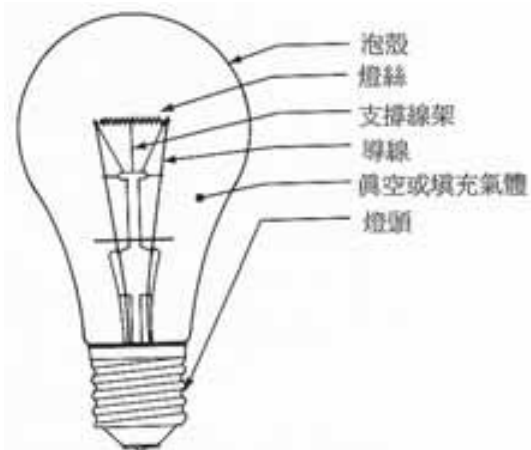


圖 4-2 白熾燈構造

照明節能-照明光源

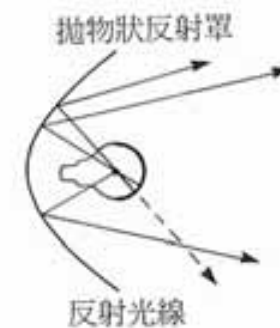


圖 4-10 半球形反射燈泡(BR)：須配合使用燈具反射罩(Philips Lighting)

照明節能-照明光源



圖 4-12 多面反射燈泡(MR)(Phoenix Electric Co.)



圖 4-14 囊型石英鹵素燈泡(JC) (Philips Lighting)

照明節能-照明光源

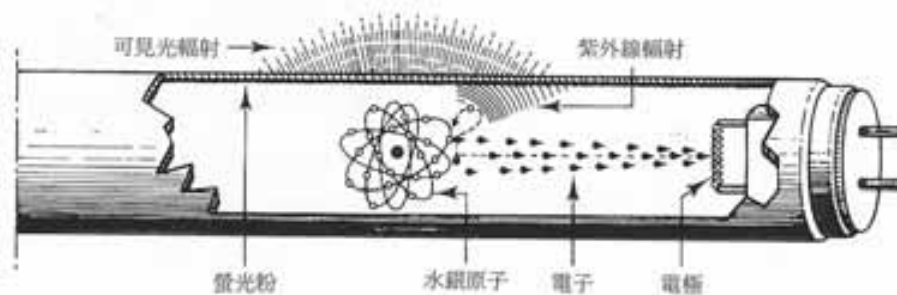


圖 4-19 螢光燈管構造(Philips Lighting)

螢光燈之構造圖

照明節能-照明光源

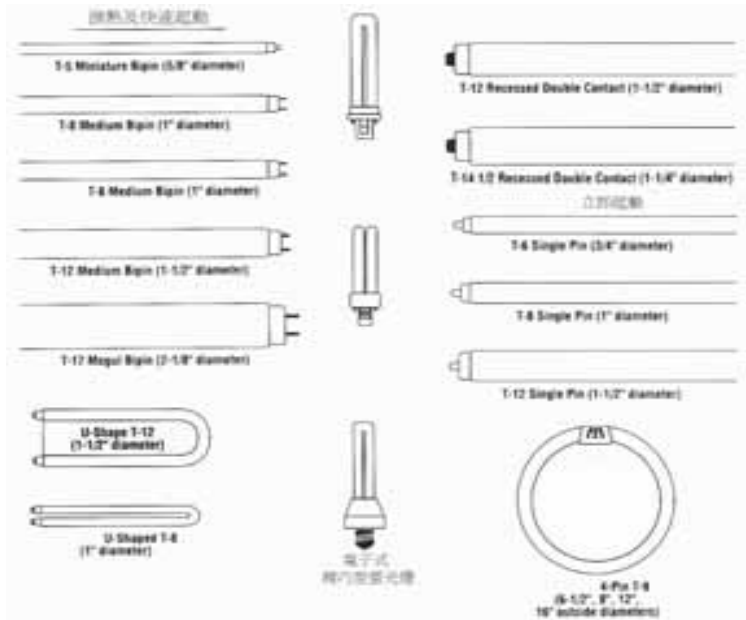


圖 4-20 螢光燈形狀種類 (IESNA Lighting Education-Fundamental Level, 1993)

照明節能-照明光源

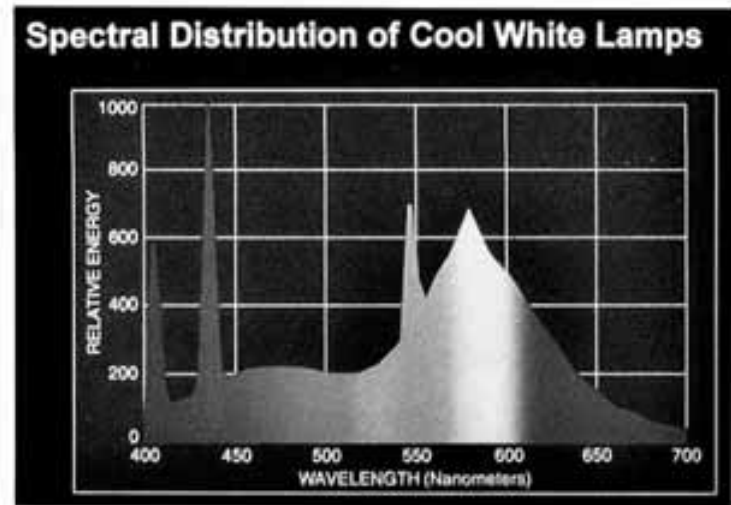


圖 4-22 標準螢光燈光譜能量分佈圖 (Philips Lighting)

照明節能-照明光源

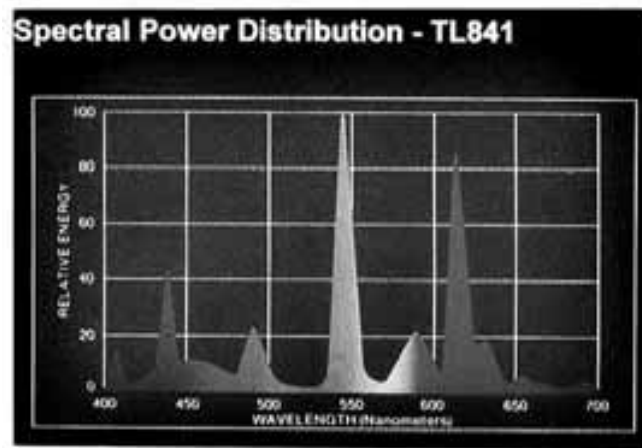


圖 4-23 三波長螢光燈光譜能量分佈圖 (Philips Lighting)

光源別	燈管功率 (W)	燈管電流 (A)	初光束 (lm)	色溫 (K)	發光效率 (lm/w)	演色性 (Ra)	管徑 (mm)	全長 (mm)
新產品	T8 45W 高頻三波長	0.42 5	4500	2700	100	85 三波長域	25.5	1198
			4500	4100	100			
			4500	5000	100			
			4230	6500	94			
現有品	T9 40W FL 40/38	0.41 5	3200	2700	84	74	29	1198
			3200	4100	84			
			3000	5000	79			
			2800	6500	74			

照明節能-照明光源

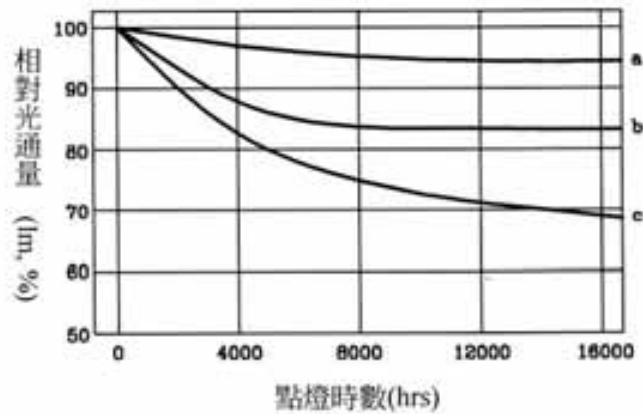
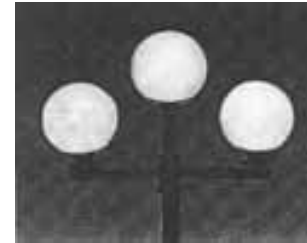


圖 4-26 螢光燈流明維護曲線：(a)三波長螢光燈管；(b)雙塗層三波長燈管；(c)傳統螢光燈管

照明節能-照明光源



水銀燈之實例圖

圖 4-31 水銀燈構造(IES Lighting Handbook-Reference Volume, 1984)

照明節能-照明光源

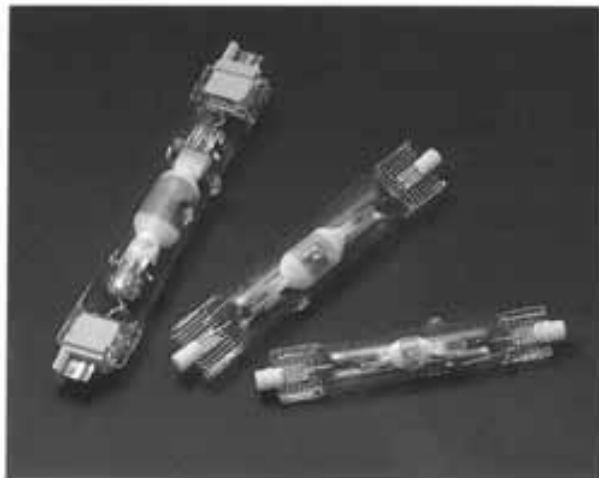


圖 4-38 雙頭型複金屬燈(Phoenix Electric Co.)

照明節能-照明光源

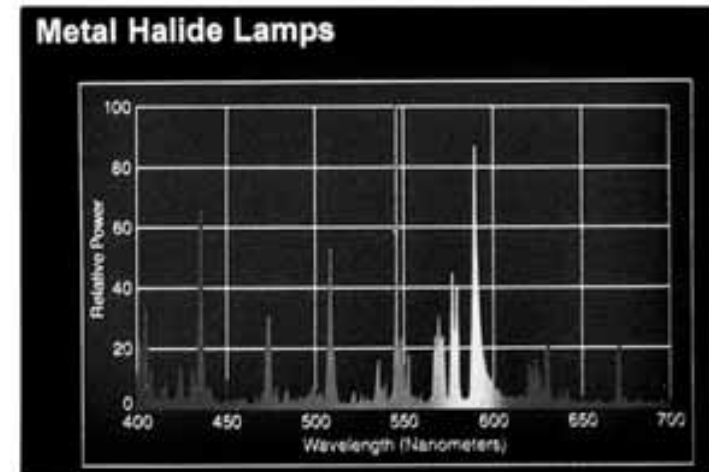


圖 4-37 複金屬燈光譜能量分佈圖(Philips Light)

照明節能-照明光源

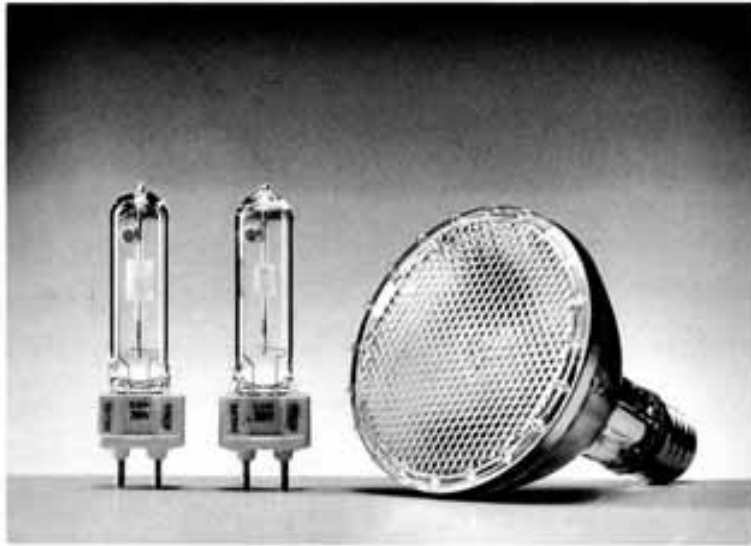


圖 4-42 PAR 型與單頭T 型複金屬燈泡(Philips Lighting)

照明節能-照明光源

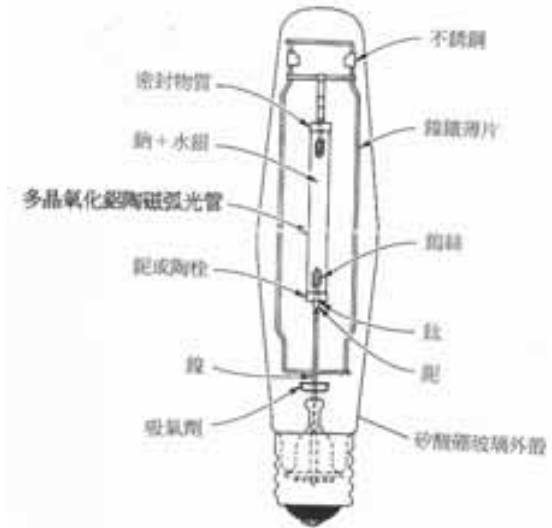


圖 4-39 高壓鈉燈構造
(IES Lighting Handbook-Reference Volume, 1984)

照明節能-照明光源

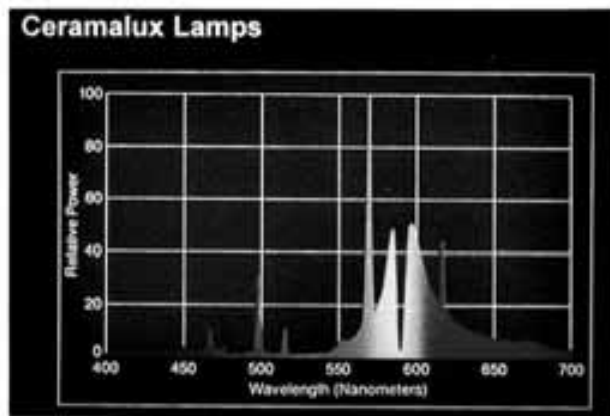
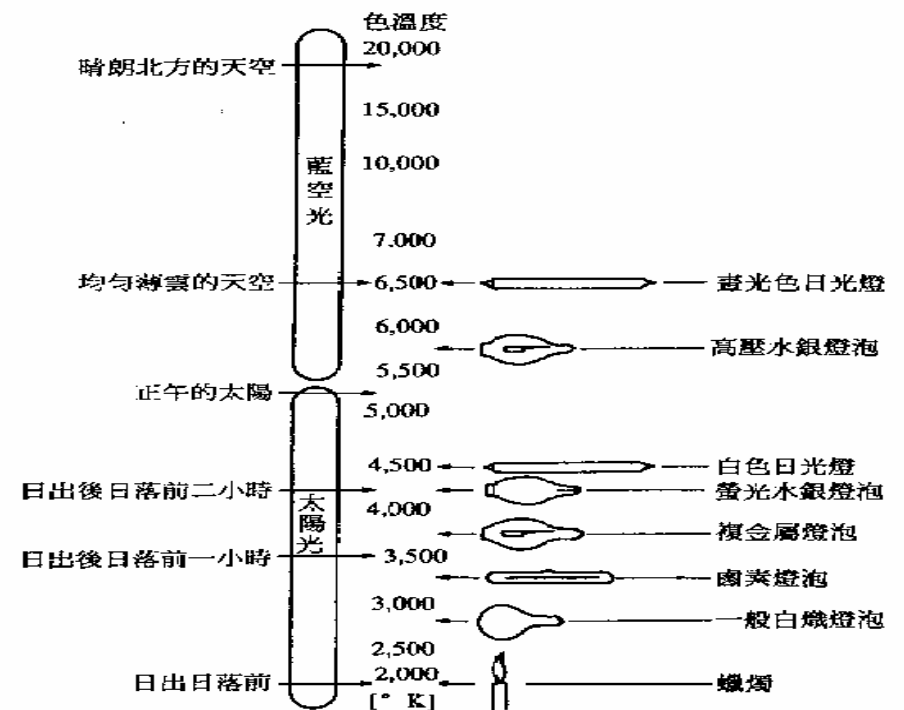
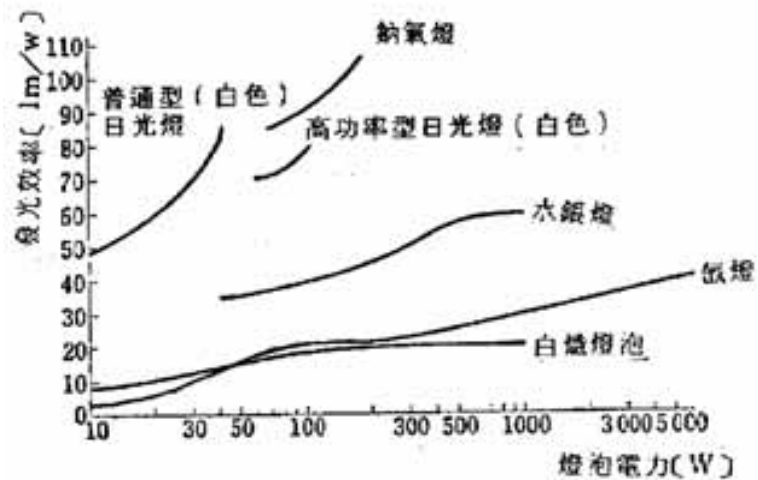


圖 4-40 高壓鈉燈光譜能量分佈圖(Philips Lighting)



照明節能-照明光源



人工光源基本性能比較圖

照明節能-照明光源

各種光源之特性與適用性

光源種類	效率 (lm/w)	燈泡電力 W	演色性	輝度	放射熱	照明設施				
						住宅	辦公室	商店	工廠	醫院
白熾燈	7.6-21	5-1000	良	大	大	●	●	●	●	●
螢光燈	48-80	100-1500	良	小	小	●	●	●	●	●
高功率螢光燈	70-80	60-110	良	小	小	—	—	—	●	—
水銀燈	32-55	40-1000	可	小	中	●	—	—	●	—
鈉氣燈	90-140	60-200	不可	大	中	—	—	—	—	—
氙燈	25-32	1-20000	優	大	中	—	—	—	●	—

照明節能-照明光源

二、更換老舊燈管時機

- (1) 白熾燈泡：使用800小時，其光束輸出僅為原來85%。
- (2) 日光燈：使用5000小時，40W之光束降為原來87%。
- (3) 水銀燈：使用10000小時，光束降為90~60%。
- (4) 更換燈具宜在燈管壽命前分批更換，約可節省電能15%。一天上班八小時者，建議兩年期內全部更新。

照明節能-照明光源

三、定期清洗

- (1) 燈管與器具在三年耐用期間，如未清洗其照度將大幅降低。
- (2) 定期清除光源覆蓋之灰塵，每三個月清洗一次，可減少損失16%。

四、採用新型照明器具反射板

- (1) 可藉以新型照明器具其反射板裝置，提高燈具效率。
- (2) 此種新型照明器具之反射板可分為樹脂塗裝、鋁板材質與鍍銀材質等新技術開發產品。

五、採電子安定器

- (1) 電子安定器係利用濾波器及直流電路之高頻振盪產生器，使交流電源之60Hz頻率電壓轉為20~40KHz高頻電壓，將燈源點亮。
- (2) 電子安定器免用啓動器，可瞬時點燈，具有不閃爍、無噪音，其可省電25%以上等優點。但會產生輻射及電導等干擾。
- (3) 電子安定器不適用於高熱、潮濕及化學業等場所。並安裝時務必確實接地。

品名	消耗電力 (W)	消耗電流 (A)	功率因數 (%)	輸出光束 (lm)	發光效率 (lm/W)	電流諧波失真率 %
T8 45W 2燈 220V 電子安定器	99	0.46	98以上	8460	85	10以下
T9 40W 3燈 220V 電子安定器	115	0.53	98以上	8400	73	10以下
T9 40W 3燈 220V 傳統電磁型	135	0.68	90以上	8400	62	25以下

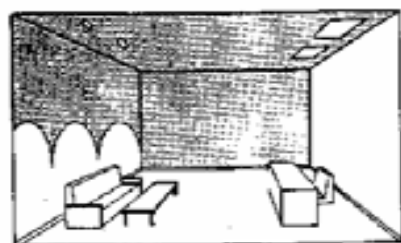
技術原理說明：

室內空間之照明方式至少可分為下列三種：

1. 全般照明：係工廠、辦公室、教室等非常寬敞之室內空間，且有許多人共同使用時，將對作業面全部給予均勻之照明。
2. 局部全般照明：係於經濟或特殊效果之理由而採用，於一範圍內做作業之照明；為須與其1/10以上之全般照明併用。
3. 作業面重點照明：係只對重點處或該一作業面而用之照明。



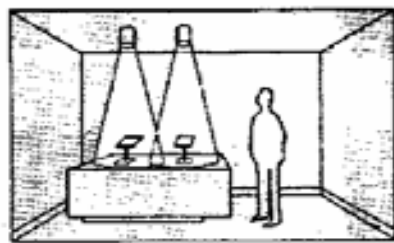
全般照明



非均勻照明



局部照明



重點照明



圖 4-16. 流明天花提供室內均質的照明。
(德國法蘭克福現代藝術美術館)



圖4-18. 單向遮光結構除遮光外，亦有裝飾效果。(英國倫敦自然歷史博物館)



圖 5-40 工作照明可區劃個人領域(德國法蘭克福 Museum of Applied Arts)



全般照明與重點照明，呈現出整體立體感輔以重點照明效果，亦可節約背景照明用電。



圖 4-10. 利用彩色濾鏡妝點平淡的空間，塑造活潑熱鬧的氣氛。(美國紐約設計中心)



大空間照明利用低處高效率投光至天花板反射擴散板，以創造均齊度良好之中庭照明。並其燈具設置於低處亦有利於日後維修。

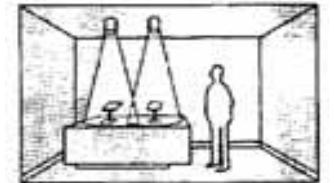
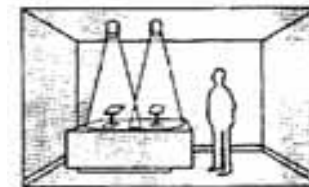
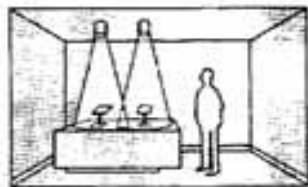


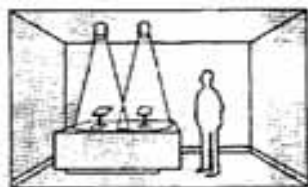
圖2-29. 強調可能的視覺焦點，提供令人愉悅的視覺資訊。(法國巴黎衛城大拱門)



圖 5-47a 光纖輸出端燈具：使用透鏡控光
(英國倫敦 Natural History Museum)



應用於重點處照明
實例，明顯警告駕
駛者並有助節省用
電。



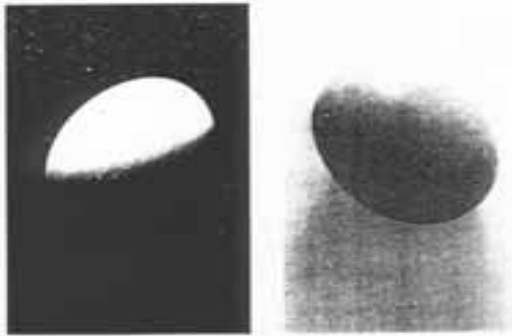
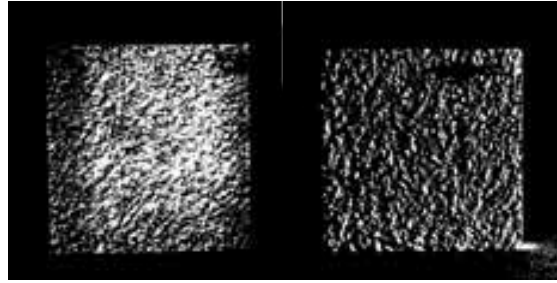
應用於重點處照明
實例，將重點處加
強照明，明確提醒
人行道上之阻礙
物。

照明節能-間接光與均齊度照明

技術原理說明：

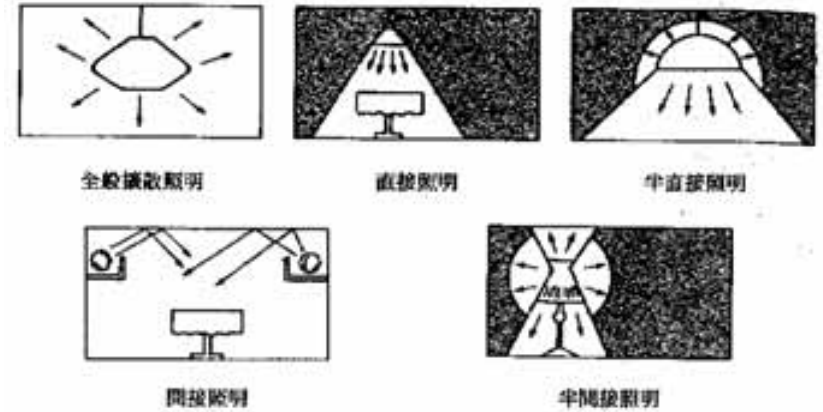
1. 直接光的使用，其可直接提高照度的要求的優點外，卻造成室內空間明暗對比增強，並易造成均齊度不佳，更會造成提高照明密度；進而使日常耗能增加，並容易會使使用者易產生疲倦。
2. 於建築設計中有時善用間接光反射光，會使均齊度提高，有時反而降低整體照明耗電密度。

照明節能-間接光與均齊度照明



直接光太強烈無法表現出立體感，藉由間接光與漫射原理，提高材質整體的質感表現。

照明節能-間接光與均齊度照明



照明器具之配光方式

照明節能-間接光與均齊度照明

表 5-3 燈具佈光型式分類

燈具佈光型式	向上佈光量	向下佈光量
• 直接(Direct)	0 ~ 10%	90 ~ 100%
• 半直接(Semi-direct)	10 ~ 40%	60 ~ 90%
• 間接(Indirect)	90 ~ 100%	0 ~ 10%
• 半間接(Semi-indirect)	60 ~ 90%	10 ~ 40%
• 直-間接(Direct-indirect)	40 ~ 60%	40 ~ 60%
• 全漫射(General diffuse)	40 ~ 60%	40 ~ 60%

配光	國際分類	直接照明	半直接照明	全般擴散照明	半間接照明	間接照明
	向上光束	0	10	20 30	40 50	60 70 80
向下光束	100	90	80 70	50 50	40 30 20	10 0
光配光曲線						
實例	電池燈及水銀燈器具					
	日光燈器具					
適用場所	工廠向下光 嵌入天花板內	辦公室 學校及商店	辦公室 學校及商店	病房 住宅 辦公室 咖啡座	病房 住宅 咖啡座	病房 住宅 咖啡座



圖 5-30 眩光控制配件

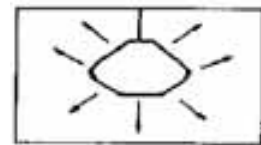


圖 5-7 白色壓克力可使表面亮度均勻(德國海德堡McDonald's)



圖 5-16 直接-間接照明兼顧向上與向下照明功能(德國海德堡)

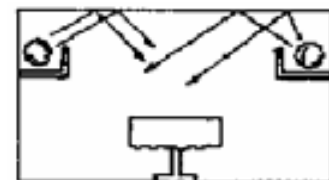


圖 4-23. 加裝反射板增加燈板照明的光輸出量。(香港恆豐酒店)

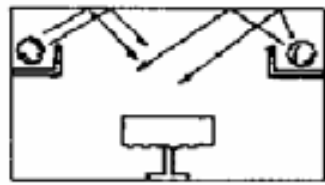


圖3-2. 特定光影模式對使用者在心理與行為效應上較具影響力。(日本東京新宿三越百貨)

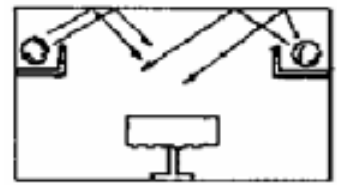
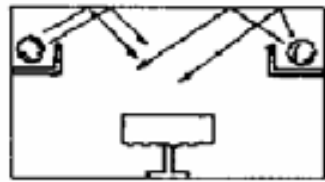
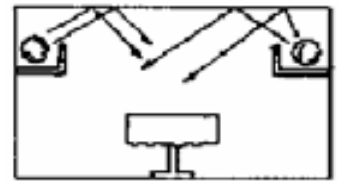


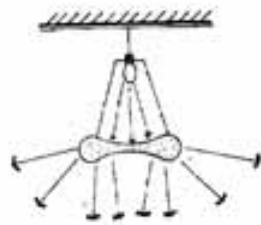
圖4-37. 以向上式照明照亮天花板的趣味圖案。(義大利羅馬)



利用窗面百葉導光及天花板金屬板漫射原理，使書背很清楚，更利於搜尋。



採用新型間接光燈具，利用天花板金屬板擴散反射原理，以創造室內均勻光線。



採用新型間接光燈具，利用壓克力盤將投光部分擴散，以創造均齊度。

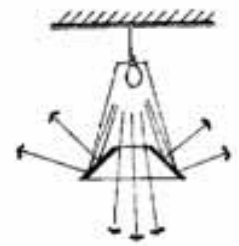
55

照明節能-照明開關控制

技術原理說明：

室內電燈電路回線，常以一若干全區方式設計，並採用手動控制；當其分區設計如劃定的區域範圍過大，會產生一啟動電源開關後，造成全區燈源全部開啓。此種方式設計方式，因燈源全部開啓起後，某些區域無須作業時，卻為全區燈源開啓，造成浪費電力。

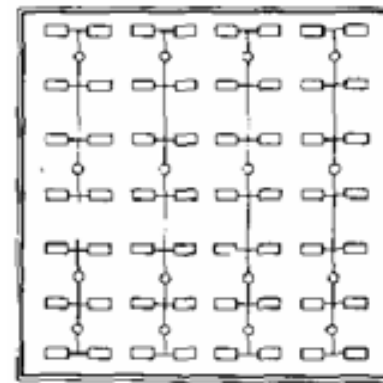
故為解決此種設計的缺點，故有效的節能方式為分區單獨控制方式為主。



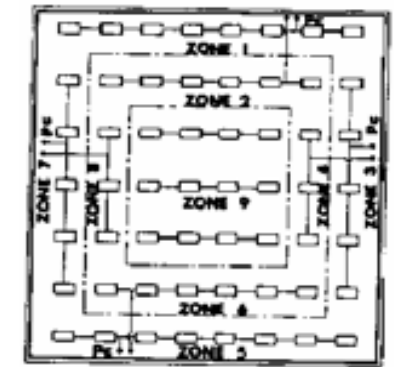
天頂採光經屋頂導光後，利用反射金屬圓盤，擴散至天花板面，增加空間均齊度。

56

照明節能-照明開關控制



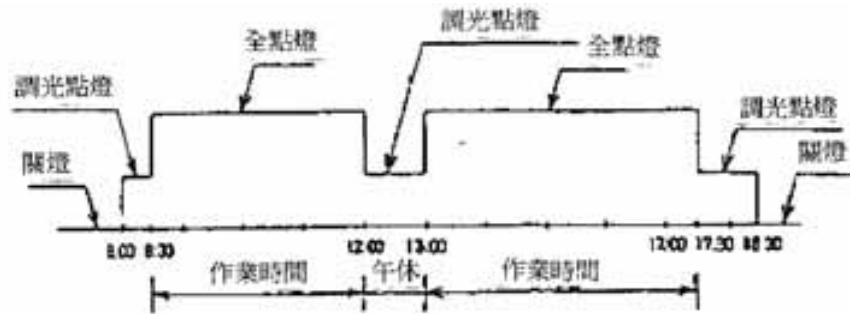
Typical



Best

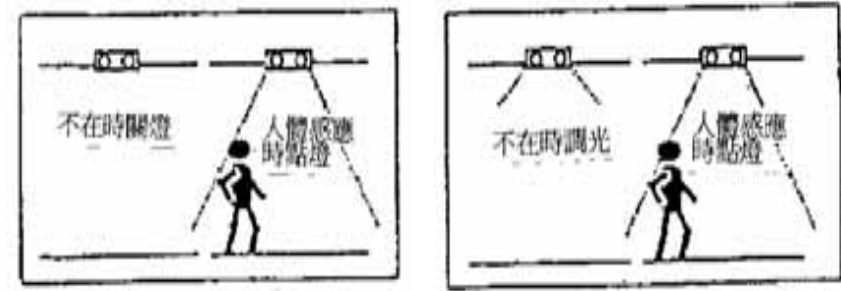
大型辦公室空間，分區單獨控制示意圖

照明節能-照明開關控制



電燈自動開關時程圖

照明節能-照明開關控制



偵測人體溫度自動開關

照明節能-照明開關控制



晝光控制之點滅/調光裝置

照明節能-照明開關控制

適當的照明控制相對於無控制之照明設計，最多可減低60%的照明耗能。

ASHRAE/IESNA 90.1-1999而言，其對照明之節能設計有以下所述之強制性規範：

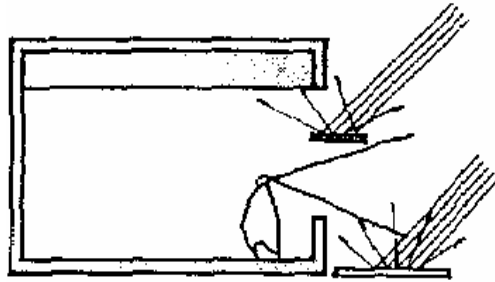
1. 建築規模超過5000 ft²時，除了緊急與出口照明之外，室內與室外照明系統必須配備自動關燈之控制器。
2. 應採用人員感測器照明控制，及晝光利用與人工照明之互補控制。
3. 分離的工作或空間，應能各自分開控制。
4. 照明電力使用密度超過1.1W/ ft²的區域，應至少具有2種以上的照明水準控制功能。

照明節能-開窗面導光

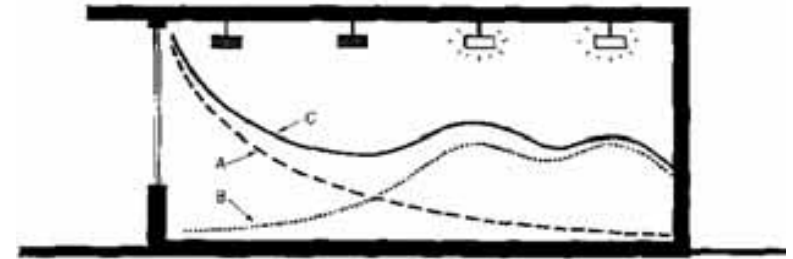
技術原理說明：

建築設計如能將太陽光導入室內，但不許也將太陽光熱量帶入室內，此方式則可有效降低室內所需的照明密度。

此技術設計方向為三，一為開窗面與室外環境的相界面的整合，二為利用室內裝修之反射率利用，三為室內天花板形狀基本要求。

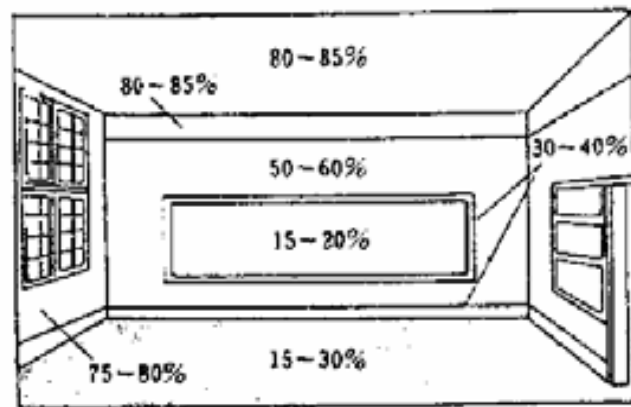


照明節能-開窗面導光



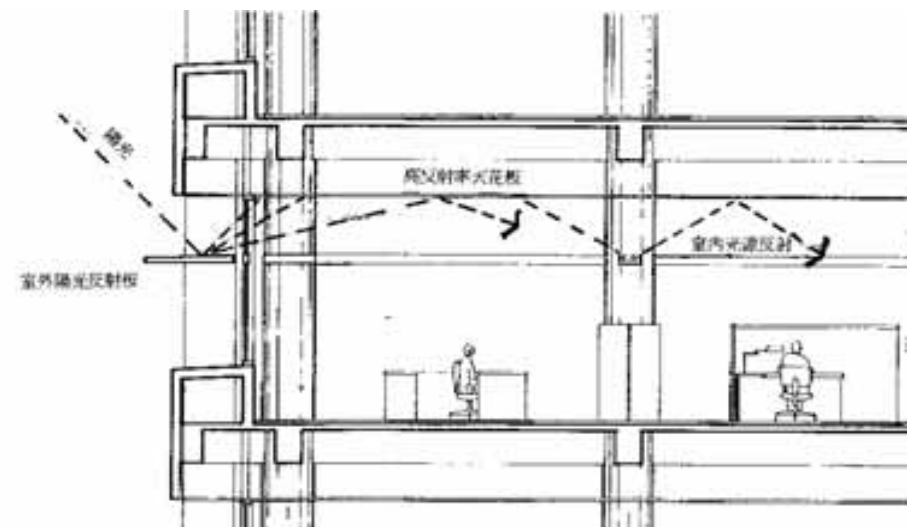
- A：晝光曲線
- B：人工光源照度
- C：合成照度

照明節能-開窗面導光



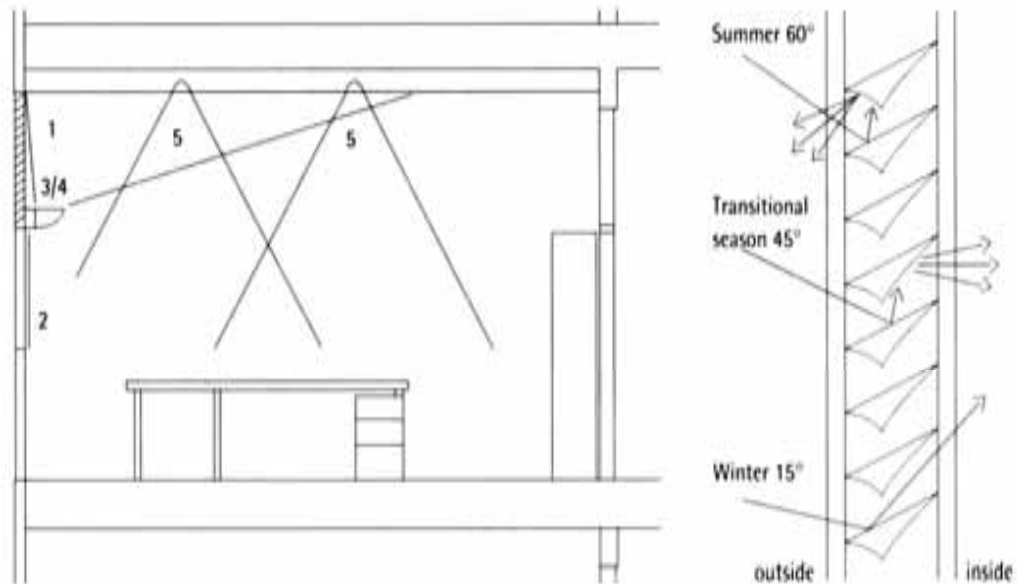
教室室內反射率建議值分佈

照明節能-開窗面導光



直接光藉由導光板漫射情形

照明節能-開窗面導光



Light principle:

Willi-Brandt house, Berlin

1 Shading and light defraction with OKA-Solar

2 Glare protection screen

3 Supplementary daylight lighting

4 Night lighting, indirect factor

5 Night lighting, direct factor



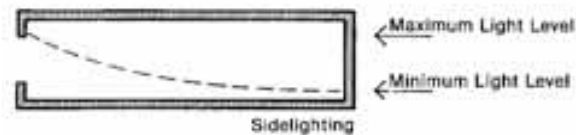
照明節能-開窗面導光



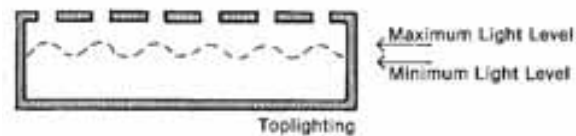
照明節能-屋頂導光

技術原理說明：

屋頂導光與開窗面導光其相同點，皆為利用採光方式變化，達成室內照度要求，但必需注意為不可將熱負荷隨導入的光線帶入室內環境。

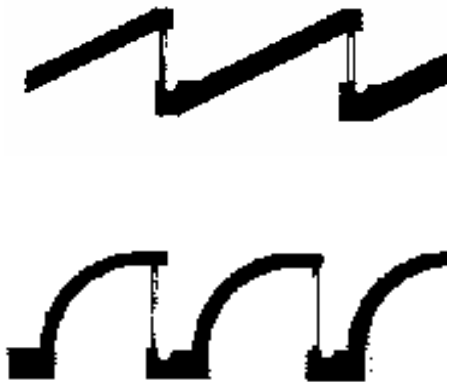


1. 側面導光方式，室內均齊度較差。

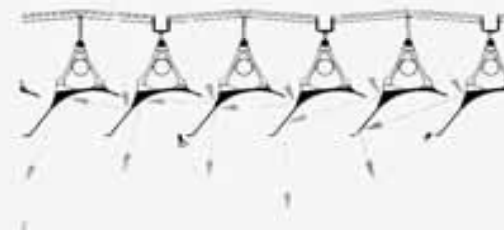


2. 屋頂導光方式，室內均齊度均度良好。

照明節能-屋頂導光



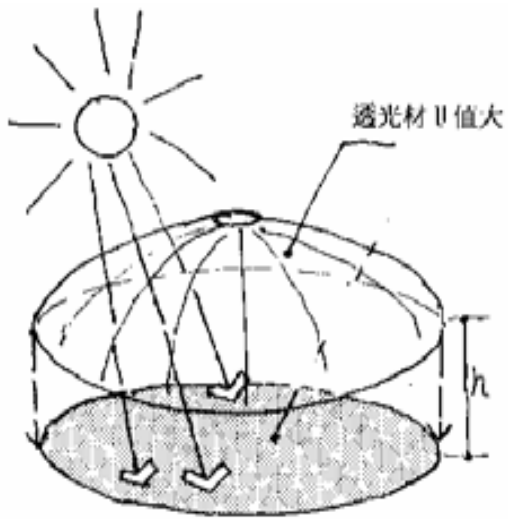
在台灣濕熱地區之天窗採光方向，應採面向北方為佳。其開窗面不致不易帶入太陽熱負荷，室內易得穩定的光源與照度要求。並應解決排水設置問題，以利排水。



瑞士某銀行屋頂導光利用實例，利用新型屋頂導光裝置，減少照明器具設置與照明用電量



照明節能-屋頂導光



在炎熱的台灣，屋頂導光一定要採北向採光或採設計方式將直接日射去除，否則反而引來日射熱負荷，而增加室內空調負荷，而得不償失。單層薄膜屋頂雖可引進自然光，但卻引來日射熱而增加空調負荷，得不償失。

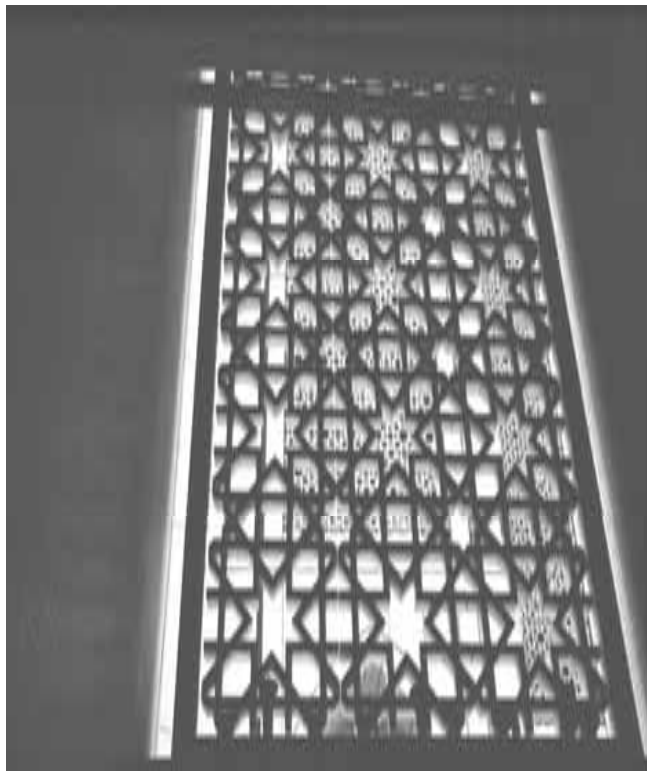
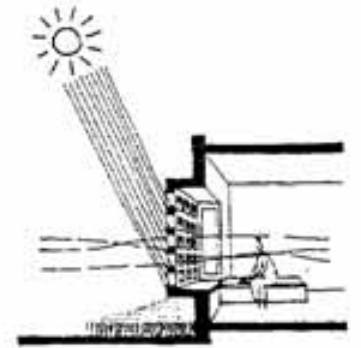
應以改為雙層薄膜，而中間空氣層以抽風排熱方式處理，但其價格昂貴。

照明節能-善用戶外式簾幕

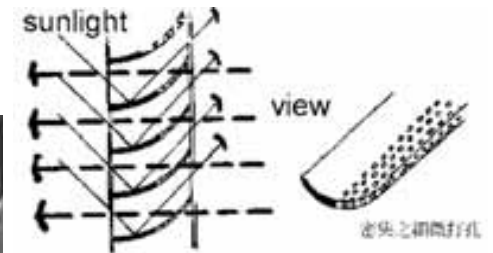
技術原理說明：

於建築設計時，利用遮陽控制達到節能效果；簾幕式外壁，其可應用方式原理：

1. 遮陽：實體部分可遮陽。
2. 通風：漏空部份可以通風。
3. (1) 採光可防止炫光。
(2) 可使室內有較良好的均齊度，使照明環境較柔和。



戶外簾幕所使用的材料與吉隆坡文化中心實例

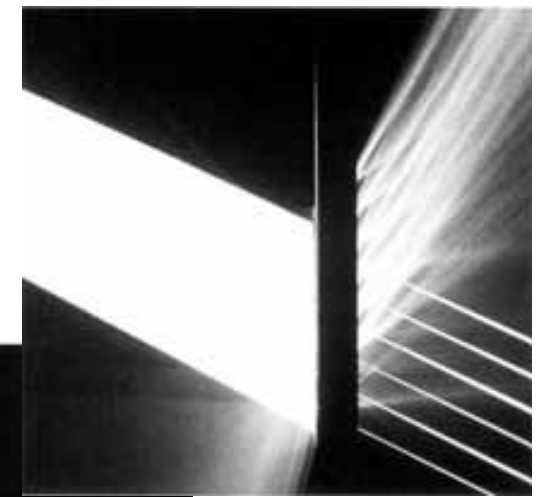
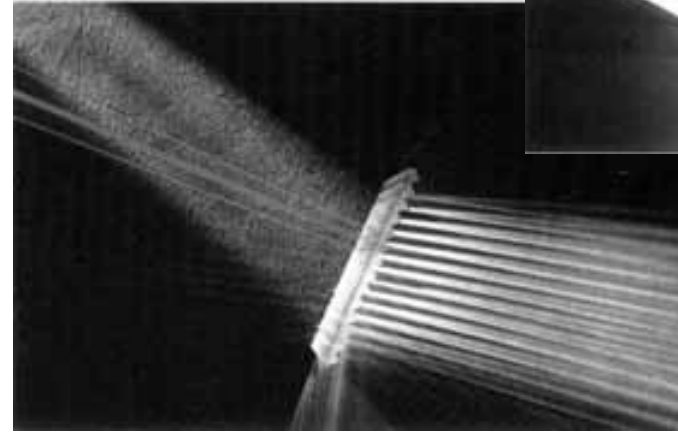


其太陽光藉由導光材質導入室內，並視線亦可通過導光材質一半為密集的細微打孔，使視線不會因導光材質而斷絕。



將自然光自然導入後，可得室內照度均勻分佈，戶外雖有裝設遮陽百葉裝置，但室內的視野亦非常良好且室內明暗對比的差異不大。

直接光到達導光材質後，可均勻的分散可見光



各種照明節能之經濟回收效益之比較

照明節能方法	簡單回收年限 (years)
精巧型螢光燈取代白熾燈	1.1 - 2.3
高效率螢光燈取代標準40W燈管	0.5 - 1.2
高效率鐵心安定器取代標準安定器	1.4 - 2.8
電子式安定器取代標準安定器	3.9 - 8.0
晝光利用控制	1.6 - 9.6
人員感測照明控制	1.3 - 5.4

註：以上資料比較基準為 3,500 hrs/yr之操作時數與\$0.07/kWh之電價；資料來源：1998 ACEEE Commercial Building Equipment Efficiency: A State-of-the-Art Review