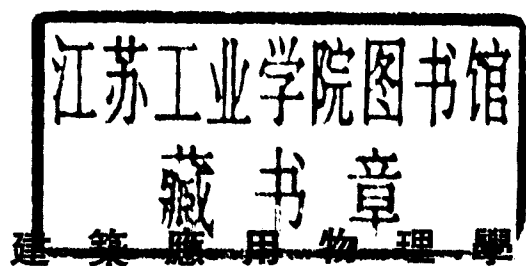


建築應用物理學

王錦堂編

臺隆書店出版



王錦堂編著

臺隆書店出版

建築應用物理學

APPLIED PHYSICS FOR ARCHITECTURE

編 者：王錦堂

發行人：張宗河 臺北市衡陽路75號 電話：3314807號

出 版：臺隆書店 郵政劃撥帳戶12935號

印 刷：永美美術印刷廠 臺北市大埔街48巷7號

七 版：中華民國72年9月10日

登記證：行政院新聞局局版台業字第0983號

有版權 不准翻印

定價新臺幣 220元

序

本書所涉及之問題乃建築設計基礎之一部，亦為建築科學（Building Science）之一部，其中包括應用物理學及衛生學等。有者稱本範疇之科學為建築衛生學，有者稱為室內環境衛生學，有者則稱為室內環境學。歐美則稱為 Environmental Technology in Architecture；或 Environmental Design and Engineering；或 Environmental Control 等。係包括目前我國教育部所規定之課程之建築物理學與建築設備學二科。按此種劃分時，英美有者稱前者為 Architectural Physics，而後者則稱為 Equipment for Building，或 Building Services；而澳洲有者稱前者為 Functional Efficiency of Building；日本則稱前者為建築計劃理論，或建築基本計劃，或建築環境學，或建築環境計劃學等。

建築物理學乃處理建築中所遭遇之熱、通風、換氣、光、聲音等之物理問題；而建築設備學者則以機電設備以幫助處理上述問題，同時藉物理學的基礎使設備產生較佳的效率。因之，前者可視作建築環境學之基礎，並研究藉自然的方法以達成環境的要求；而後者係藉人工的方法以達成環境的要求；勿論係自然的或人工的，均屬於建築環境學的範疇，統稱之可謂「建築環境學」。乃一新的學域，近十數年來始為建築學家們所注意所重視。各學家們按各自之領域繼續不斷

地在探討研究與追索之中，近年來已有相當之進步，且在不斷地進展之中。

建築乃一以人類住居活動為目的之構造物，其設計其計劃不僅僅是要求一耐震的，防火的，或是耐久的構造，同時尚須顧及到人類對心理上的，精神上的，保健上的，衛生上的等要求。換言之：建築在機能上不但有合乎吾人生活活動所要求之組織，在環境上也有合乎吾人快適感覺並可增高工作效率的氛圍。

在建築設計中，尤其是對近代的建築，物理計劃已佔有了相當重要的地位，缺少物理的考慮是無法獲得够水準的建築設計的。

本書即處理各有關設計計劃之各種物理問題，以期獲得好的室內環境，快適的氛圍並够水準的建築。所以對存在於自然中之建築物予以分析，對基本的需要予以探討，按自然的方法，並配合建築物本身之性質及要求，做合乎上述要素之分析與敘述。

本書可自物理學的、衛生學的範圍大致分為三部，即第一部關係室內氣候者，如依通風換氣，隔熱等之方法以製作快適之室內氣候；第二部即與光學有關之日光照射，日光輻射，自然光之採集，人工光之應用；第三部則為與聲音有關之室內音響狀態之改善及噪音之隔斷等。

為便於讀者或執業建築師們之研究與應用，對前述各問題自基本的物理分析

及定律開始，並根據數學的解析做廣範圍的敘述，同時對方法及演算亦予附列，俾使應用及解答更為明瞭。

本書最原始的形態是編者在東海大學建築學系擔任「建築物理學」之講授時所編寫的講義，經過了四年的使用及增訂刪改，始由講義變成了這本「建築應用物理學」。它不再是一本講義，更不是一本教科書；編者是在試圖建立一個「學的系統」。然而，它還不够一本成熟的作品，祇是一個開端而已。總之，這是一門新的學域，尙待組織尙待建立。

這類書最好的寫法是將理論部份與應用部份分開，即前者稱為「建築物理學」後者稱為「環境計劃學」。物理學祇講理論與數理的解析，即為環境計劃的基礎，而環境計劃學是利用物理學上所得到的成果，配合到建築的設計上，不講解析，祇着重應用，使建築變成一個合乎人類快適生活要求的容器。

基於上述觀念，也許物理學是屬於研究工作，而環境計劃學是實際的技藝。換句話說，在職業的應用上是要了解物理學所將導致的問題，應用這些物理的條件來完成建築的設計。而在研究方面是應根據數理的解析與實驗來建立環境要求的系統，方法與答案並發掘新的問題。

本書的編寫是將理論與應用容納在一起。所以本書在內容上勿論是理論或是

應用都據草率簡漏，尤其是由編者一人的力量來照顧全範疇的學域更是不可能。況且時間又是倉促，當然其中錯誤，遺漏，都是在所難免的，編者迫切地希望海內有相同興趣的方家及教學同仁，隨時給予更多的指正，如有機會再版，當好更正，使這門新興的科學在中國沒有懷疑的，沒有疑慮的得以建立。國家幸甚！編者幸甚！

本書之得以完成不能不歸功於恩師胡兆輝教授的鼓勵及指導，並他所提供的文獻與資料；另至友賀陳訥、方汝鐵、漢寶德諸教授並李嘉豐建築師，經常提供寶貴的建議，並關懷編寫工作。林森源、邢皖輝二位助教及楊振墩同學，在資料的整理上，插圖的繪製上以及版樣的校對上不辭辛勞的工作；編者對他們的熱忱與幫助與支持是沒齒難忘的。

最後也得感激內子薩本端女士，因為她能長時間的忍受着編者被本書編寫工作所佔據時的環境，尤其是她能全力的來支持家務，讓編者能安心這份工作。

編者 謹識於臺中市大度山
民國五十七年十二月十五日

凡 例

1. 所有術語名詞，均依據國立編譯館所編訂之各名詞為主，並參照其他各名詞書籍刊列之。其中偶有不適者，則另立（此情形頗少）譯詞，每於書中第一次出現時附以原文。為排版檢字方便，第一字母均省略用大寫，而一律用小寫。
2. 術語名詞中，凡可省略者則均括以〔 〕，如等距〔離〕投影圖，即等距投影圖，亦可稱為等距離投影圖。凡括於（ ）中者，示相用意義，如完全漫射（擴散）面，亦即完全擴散面。正投影（象）圖，亦即正投象圖。
3. 本書所用之度量衡制度均以公制為主，雖係英美資料而均儘可能改為公制。凡不便於更改者，亦儘可能附以對照數字。制度中則多按 CGS 單位，有時亦採用 MKS 單位。為便於查考核算，書末附以對照表。
4. 所有公式之單位符號均括於〔 〕中表示之：如 $[\text{kg}/\text{cm}^2]$ ；所有說明中之單位符號均括於（ ）中表示之：如 (kg/cm^2) ；凡數字後之單位符號則不再加括弧，如 $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 。
5. 所有代表符號，每於公式列出之同時均附列說明，為節省篇幅於各章前不再重列。全書雖各章性質不同，所使用之符號，力求前後劃一。凡不便劃一或劃一後與其他符號有衝突者則未予劃一，以另設符號代表之，並於各章節中附列說明。
6. 本書乃根據所列文獻編寫而成，如書後文獻目錄。書中頁底附註所列文獻多為本書參考文獻所引證之文獻，多非本書之直接文獻。

目 錄

1 章 自然環境

1.1 概 說

1.2 氣 溫

1.3 濕 度

1.4 雨 及 雪

.....	1
1.2.1 氣溫之發生.....	2
1.2.2 氣溫之變化.....	3
1.2.3 平均氣溫.....	5
1.2.4 氣溫之測驗.....	9
1.2.5 氣溫與空氣密度.....	9
1.3.1 空氣中之水蒸氣.....	10
1.3.2 濕度.....	11
1.3.3 水蒸氣張力.....	12
1.3.4 含水蒸氣之空氣密度.....	13
1.3.5 濕度之測驗.....	14
1.3.6 濕度之變化.....	15
1.4.1 雨雪之成因.....	17
1.4.2 雨量・雪量.....	18
1.4.3 雨與建築.....	24
1.4.4 雪與建築.....	26

1.5 氣 壓	 32
1.6 風	 32
	1.6.1 風之成因 33
	1.6.2 風速・風向 34
	1.6.3 風壓 36
	1.6.4 風與地物 37
	1.6.5 風速之測驗 39
1.7 地 溫	 40
	1.7.1 地溫之變化 40
	1.7.2 土地之凍結 41
1.8 地 震	 41
	1.8.1 地震之成因 41
	1.8.2 地殼之變動 42
	1.8.3 建築物之破壞 43
	1.8.4 耐震構造 44
	1.8.5 耐震度 46
1.9 氣 候 圖	 48
	1.9.1 溫濕圖 48
	1.9.2 其他氣候圖 50
1.10 中國之氣候	 50
	1.10.1 氣候區之分類 50
	1.10.2 中國氣候之分類 51
	自然環境問題 58
2 章 室內氣候	
2.1 概 說	 61
2.2 學 說 沿 革	 62
2.3 體溫與生理	 63
	2.3.1 體溫之發生與散失 63
	2.3.2 體熱損失之調整 63
2.4 室內氣候之量測	 64
	2.4.1 氣溫與濕度 64
	2.4.2 氣流 65
	2.4.3 周圍輻射溫度 68
	2.4.4 綜合環境 69

2.5 環境指標	2.5.1 溫度感覺之表示	70
	2.5.2 有效溫度	72
	2.5.3 等溫感覺	75
	2.5.4 等感溫度	79
	2.5.5 效果溫度	81
	2.5.6 快適範圍	81
2.6 室內溫度	2.6.1 溫度之分佈	86
	2.6.2 採暖時之溫度分佈	87
	2.6.3 空氣調節時之溫度分佈	89
	2.6.4 溫度之變動	90
2.7 室內濕度	2.7.1 濕度之分佈	90
	2.7.2 濕度之變動	91
2.8 室內氣候之調整		92
	室內氣候問題	94
3 章 通風換氣		
3.1 概 說		95
3.2 空氣之性質	3.2.1 化學性質	97
	3.2.2 物理性質	97
	3.2.3 濕空氣	100
3.3 空氣之污染	3.3.1 污染原因	102
	3.3.2 污染學說	103
	3.3.3 呼吸氣與有害氣體	104
	3.3.4 浮遊塵埃與細菌	105
	3.3.5 臭氣	106
	3.3.6 熱及水份之發散	107
	3.3.7 污染容許限度	108
	3.3.8 污染度之測驗	111

3.4 換氣準則

3.4.1 換氣方法	112
3.4.2 換氣量與次數	113
3.4.3 換氣通則	119
3.4.4 換氣量之測驗	122
3.4.5 二氧化碳與換氣量	123
3.4.6 室溫與換氣量	126
3.4.7 濕度與換氣量	127

3.5 換氣理論

3.5.1 重力換氣	128
3.5.2 風力換氣	133
3.5.3 風力與重力換氣	136
3.5.4 強制換氣	139
3.5.5 局部換氣	139

3.6 換氣路徑

3.6.1 實測與模型試驗	141
3.6.2 依風力之路徑	142
3.6.3 依重力之路徑	146
3.6.4 依合併力之路徑	147
通風換氣問題	149

4 章 傳 熱

4.1 概 說

.....	153
-------	-----

4.2 穩定熱傳導

4.2.1 熱傳導之基本式	155
4.2.2 平面壁之熱傳導	156
4.2.3 圓管之熱傳導	164
4.2.4 壁體內任一點之溫度	167

4.3 對流熱傳遞

4.3.1 熱傳遞	168
4.3.2 對流熱傳遞	170
4.3.3 自由對流熱傳遞係數	170
4.3.4 強制對流熱傳遞係數	174

4.4 輻射熱傳遞	4.4.1 熱輻射.....	177
	4.4.2 輻射基本理論.....	178
	4.4.3 直接輻射熱量.....	184
	4.4.4 二面間之輻射熱傳遞.....	187
	4.4.5 輻射熱傳遞係數.....	197
4.5 熱 傳 透	4.5.1 熱傳遞之基本式.....	198
	4.5.2 平面壁之熱傳遞.....	198
	4.5.3 圓管之熱傳遞.....	201
	4.5.4 空氣層之傳熱.....	203
	4.5.5 壁體內任一點之溫度.....	207
4.6 不穩定熱傳導	4.6.1 不穩定熱傳導之基本式.....	208
	4.6.2 壁體之週期熱傳導.....	210
	4.6.3 半無限固體之週期熱傳導.....	211
	4.6.4 平面壁之週期熱傳導.....	217
4.7 室溫之變動	4.7.1 室溫變動與熱容量.....	223
	4.7.2 室溫變動率.....	223
	4.7.3 室溫變動率之應用.....	225
4.8 斷 熱 計 劃	4.8.1 斷熱構造與熱傳遞.....	226
	4.8.2 空氣層之傳熱狀態.....	232
	4.8.3 建築物之失熱與受熱.....	233
	4.8.4 防寒保溫構造.....	234
	4.8.5 防暑構造.....	238
	4.8.6 冷藏構造.....	241
	傳熱問題.....	243
5 章 濕 氣		
5.1 概 說		245
5.2 濕與露之發生	5.2.1 空氣中之濕氣.....	246
	5.2.2 表面結露與內部結露.....	247

5.3 濕氣之移動	5.2.3 夏季之結露.....	249
	5.2.4 冬季之結露.....	251
	5.3.1 空氣中之水蒸氣之移動.....	251
	5.3.2 吸放濕.....	253
	5.3.3 透濕.....	254
	5.3.4 濕壓之分佈.....	259
5.4 防濕防霉計劃	5.4.1 濕與霉之防止.....	259
	5.4.2 高濕度工場之防霉.....	261
	濕氣問題.....	263
6 章 日 照		
6.1 概 說		265
6.2 天 球	6.2.1 真運動.....	266
	6.2.2 視運動.....	268
	6.2.3 座標間之關係.....	271
	6.2.4 時差.....	272
6.3 太陽之位置	6.3.1 對水平面之位置.....	276
	6.3.2 對傾斜面之位置.....	280
6.4 太陽位置之圖解法	6.4.1 正投影圖.....	284
	6.4.2 極射影圖.....	286
	6.4.3 心射影圖.....	289
	6.4.4 等距投影圖.....	293
	6.4.5 麥揆特圖.....	294
	6.4.6 模形圖法.....	294
6.5 日照與時數	6.5.1 可照時數.....	295
	6.5.2 日照時數.....	297
	6.5.3 日照時數之圖解法.....	298
	6.5.4 室內受照面積.....	300
	6.5.5 日照時數曲線・日照面積曲線.....	301

6.6 日 影	6.6.1 垂直桿影長.....	303
	6.6.2 桿影曲線.....	304
	6.6.3 建築物之陰影.....	310
6.7 日照計劃	6.7.1 基本計劃.....	311
	6.7.2 建築物之配置.....	312
	6.7.3 街路方向與日照.....	314
	6.7.4 窗與日照.....	315
	6.7.5 日照調節.....	315
	6.7.6 遮陽板之設計.....	323
	日照問題.....	327
7章 日 射		
7.1 概 說		329
7.2 日 射	7.2.1 太陽輻射.....	330
	7.2.2 紫外線.....	330
	7.2.3 赤外線.....	333
	7.2.4 日射.....	334
7.3 直達日射	7.3.1 日射強.....	335
	7.3.2 太陽常數與地球動徑.....	337
	7.3.3 大氣之透射率.....	338
	7.3.4 各地之日射熱量.....	338
	7.3.5 日射之測驗.....	339
7.4 日射受熱量	7.4.1 水平面上之受熱量.....	340
	7.4.2 垂直面上之受熱量.....	342
	7.4.3 傾斜面上之受熱量.....	348
	7.4.4 建築物之受熱量.....	351
	7.4.5 日射量與日照率.....	352
7.5 熱線性質與效果	7.5.1 玻璃之熱線透射.....	353
	7.5.2 建築物表面之熱線反射.....	354

7.6 日射計劃

8章 採 光

8.1 概 說

8.2 光照生理

8.3 光照物理

8.4 一般光照理論

8.5 直接照度之計算

7.5.3 建築物表面溫度	355
7.5.4 建築物之熱收受	357
7.5.5 熱效果之利用	358
7.6.1 窗周壁之遮蔽效果	359
7.6.2 遮陽板效果	361
日射問題	365
.....	367
8.2.1 眼之構造	368
8.2.2 Weber-Fechner 定律	369
8.2.3 視能度	369
8.2.4 視力・視野	370
8.2.5 色覺與心理	372
8.2.6 炫光	372
8.3.1 基本光照量	373
8.3.2 完全漫射面之性質	381
8.3.3 反射・透射・吸收	383
8.3.4 材料之光學的性質	384
8.3.5 光照量之測驗	387
8.4.1 古典理論	389
8.4.2 點光源之直接照度	390
8.4.3 直線及線型光源之直接照度	392
8.4.4 面光源之直接照度	395
8.4.5 照明向量	401
8.5.1 矩形光源之直接照度	401
8.5.2 三角形光源之直接照度	408
8.5.3 圓形光源之直接照度	410
8.5.4 實用解法	414

8.6 反射照度之計算	8.6.1 互易定理.....	422
	8.6.2 光通量函數.....	423
	8.6.3 直接入射光通量之計算.....	424
	8.6.4 相互反射之基本方程式.....	431
	8.6.5 立方體內面之相互反射照度.....	432
	8.6.6 球內面之相互反射照度.....	436
	8.6.7 圓筒內之相互反射照度.....	437
	8.6.8 平行無限大平面板之相互反射照度.....	438
	8.6.9 反射照度之實用解法.....	439
8.7 晝光光源	8.7.1 晝光.....	442
	8.7.2 直射日光照度.....	443
	8.7.3 全天空光照度.....	444
	8.7.4 晝光率.....	446
	8.7.5 投射率與晝光率之關係.....	447
	8.7.6 窗面晝光.....	448
8.8 採光效率	8.8.1 有效率・損失率.....	451
	8.8.2 維護率.....	452
8.9 採光計劃	8.9.1 最適晝光照度.....	455
	8.9.2 晝光之分佈.....	456
	8.9.3 均齊度.....	458
	8.9.4 各種採光法.....	458
	8.9.5 窗面積.....	463
	8.9.6 晝光調節.....	465
	採光問題.....	467
9 章 照 明		
9.1 說 概		471
9.2 人工光源	9.2.1 光源之變遷.....	472
	9.2.2 光源效率.....	473