

澳門建築物 能耗優化技術指引

能源業發展辦公室

Gabinete para o Desenvolvimento
do Sector Energético

書名：澳門建築物能耗優化技術指引
出版：能源業發展辦公室
印刷：科藝印刷公司
印數：200本
書號：ISBN 978-99937-891-3-0
出版日期：二零零九年六月

能源業發展辦公室
澳門新口岸宋玉生廣場398號中航大廈7樓
電話：(853) 2896 8838
傳真：(853) 2896 8138
網址：www.gdse.gov.mo

目 錄

前言	1
導 論	2
推動背景	3
第一章 建築材料選擇及應用	6
1.1 介紹	7
1.2 設計考慮	7
1.2.1 基地日照	8
1.2.2 基地遮陽	8
1.2.3 風對城市規劃和建築佈局的影響	8
1.2.4 圍護結構	9
1.2.5 窗牆面積比	10
1.2.6 遮陽技術	11
1.2.7 自然採光	14
1.2.8 自然通風	17
1.3 技術應用	22
1.3.1 牆體保溫隔熱節能技術	22
1.3.2 門窗節能技術	34
1.3.3 屋面節能技術	39
第二章 照明系統	44
2.1 介紹	45
2.2 設計考慮	45
2.2.1 燈光裝置影響的能源損耗因素	45
2.2.2 電光源性能參數	45
2.2.3 節能型電光源	46
2.2.4 照明功率密度	48
2.2.5 設計參數	50
2.2.6 鎮流器	51
2.3 技術應用	52
2.3.1 保持燈具最佳光度	52

2.3.2 加強照明管理	52
2.3.3 採用高效的螢光燈	53
2.3.4 選用合適的螢光燈具配件	53
第三章 空調及通風系統	54
3.1 介紹	55
3.2 設計考慮	55
3.2.1 制冷系統之節能策略	55
3.2.2 風機之節能策略	63
3.3 調整現有空調設備效率	64
3.3.1 測試、調整及平衡	65
3.3.2 開關控制	65
3.3.3 熱交換設備	65
第四章 電力系統	66
4.1 介紹	67
4.2 設計考慮	67
4.2.1 低壓配電	67
4.2.2 主供電線路	67
4.3 技術應用	70
4.3.1 建築物配電的能源效益	70
4.3.2 電力裝置質量	71
第五章 升降機及自動梯系統	74
5.1 介紹	75
5.1.1 有機房載客升降機	75
5.1.2 無機房升降機	76
5.1.3 觀光升降機	76
5.1.4 液壓升降機	76
5.1.5 載貨電梯	77
5.1.6 自動扶手電梯及自動人行道	78
5.2 設計考慮	79
5.2.1 升降機系統	79
5.2.2 自動梯系統	83
5.3 技術應用	84

5.3.1 採用無齒輪永磁同步曳引機·····	84
5.3.2 採用交流變壓變頻調速控制·····	85
5.3.3 自動梯智能節能控制優化·····	86
第六章 再生能源系統·····	88
6.1 介紹·····	89
6.2 設計考慮·····	89
6.3 技術應用·····	90
6.3.1 太陽能光伏發電系統·····	90
6.3.2 太陽能熱水系統·····	92
6.3.3 太陽能導光管採光系統·····	94
6.3.4 太陽能導光纖維採光系統·····	96
附件一 整個照明系統改造實際案例·····	98
附件二 只選擇調光控制改造實際案例·····	99
附件三 某一大型連鎖購物中心電力系統改造實際案例·····	100
附件四 某一美食茶餐室電力系統改造實際案例·····	101
附件五 升降機採用變頻節能系統的實際研究案例·····	102
附件六 某一太陽能熱水系統實際研究案例·····	104
附件七 某一太陽能電池板系統實際研究案例·····	105
附件八 表格參數總匯·····	106
參考文獻·····	115

前言

在發達的國家或不同的地區，建築能源消耗在社會總能耗中所占的比例大多達到了30%~45%，而且其增長空間和增長速度均十分驚人。建築節能是緩解能源短缺和改善環境的有效發展途徑。如何提高建築節能水平，減少能源消費及給環境帶來的污染，改善我們的生活環境，已成為各國家、地區及城市為達到可持續發展目標的重要課題。

建築節能是指在建築中通過一定的技術使人獲得舒適健康的環境的同時，又能提高能源利用價值；利用有限資源以最小能源消費獲取最大經濟效益，是一個整合各方面技術的系統工程。簡單的說，建築節能就是在建築中合理使用和有效利用能源，不斷提高能源利用效率。

為了推動建築節能及綠色建築，能源業發展辦公室編訂了『澳門建築物能耗優化技術指引』，通過指引的制定，給建築業界在節約能源方面帶出具體的技術指引，供業界在設計及建造新的建築物時作參考。同時，亦鼓勵業界在翻新現有建築物時，也應積極考慮有效改善建築物能耗的設計及技術。辦公室亦希望透過指引的制定，讓市民認識建築物節能的重要性，帶出重視能源效益的訊息。

導論

所謂建築節能，就是在建築中合理使用和有效利用能源，提高利用效率。具體是指在建築工程設計和建造過程中依照有關法律或指引，採用節能型的材料、產品和設備，提高建築物圍護結構的保溫隔熱性與空調設備制冷、供暖的能效比，減少建築使用過程中的制冷、照明等額外不必要能耗，合理有效地利用能源。而需提高建築物圍護結構保溫隔熱性能的主要途徑是在建築體形、布局、朝向、間距和圍護結構的設計上採取措施而實現節能，例如，提高圍護結構牆體、屋面的保溫隔熱性能及門窗的保溫度性能及氣密性等。

建築節能是指通過節能材料的使用、先進技術的應用及合理設計的整合，達到在建築使用過程中，用戶能減少能源消耗的目的。綜合性考慮這三個範疇，合理設計的重要性大於技術因素，技術系統的重要性又大於單純材料。

目前建築節能技研究與應用的新進展主要體現在建築設計及節能建材技術、可再生能源利用技術和建築設備節能技術三個方面。

推動背景

1. 建築設計及節能建材技術

建築設計及節能材料技術集中於建築物本體節能，主要分為建築節能規劃設計、建築圍護結構的保溫與隔熱、以及建築遮陽系統的設計。圍護結構的保溫與隔熱歸類在一起，另外建築遮陽是個系統，不僅僅是窗戶的遮陽，還包括了以減少太陽輻射熱直接進入室內的隔熱、防熱措施等。

1.1 建築節能規劃設計

建築節能規劃設計要對建築物的基地總平面布置、建築物平立面形式、太陽輻射、自然通風氣候參數對建築能耗的影響進行分析。夏季盡量減少熱量進入，並利用自然通風來降溫冷卻；在冬季從外界獲得自然熱量和減少熱損失，以達到節能的目的是。建築節能規劃設計主要考慮以下幾個方面：

- 建築物的朝向
- 建築物的平面布置
- 建築物的窗牆面積節能規劃
- 建築物玻璃節能規劃
- 綠化對建築節能的影響

1.2 建築圍護結構的保溫與隔熱

改善建築圍護結構的保溫性能是建築設計的重要節能措施，建築物的能耗在圍護結構的主要途徑是熱傳導、冷風滲透和散熱。如果建築圍護結構具有良好的保溫和隔熱性能，便可減少冬季室內傳出室外的熱量和夏季室外傳入室內的熱量，也減少了為保持室內環境熱舒適度所需要提供的空氣調節的能量，即制冷和供暖，而建築物保溫與隔熱可分為三大類：

- 牆體保溫與隔熱
- 屋面保溫與隔熱

-門窗(含玻璃幕牆)保溫與隔熱

1.3 建築遮陽

在冬暖夏熱的地區，夏季太陽輻射對建築能耗影響非常大，所以該地區的建築物在夏季應主要考慮遮陽與隔熱。以減少太陽直接輻射熱進入室內為主要目的隔熱、防熱措施稱為建築遮陽。因此建築的綠化、建築物的佈局、座向、日照、風向、氣象等建築外部環境，以及建築開窗部分之外遮陽板與玻璃遮蔽係數(Shading Coefficient)，都是建築遮陽考慮的因素，建築圍護構件如牆體、屋頂等也都有遮陽之功效。

2. 可再生能源利用技術

應用新能源和可再生能源去取代常規石化能源，是可持續發展不可缺少的一個重要元素。經由先進方法或技術從自然界中獲取、開發利用、可以不斷再生、永久利用的非礦物能源，不會對環境和生態造成損害。例如考慮採用太陽能、風能、地熱能、海洋能、生物質能，去替代常規的石化能源和建築大壩作水力發電、核裂變發電等。在建築節能的應用中，新能源和可再生能源可以替代傳統化石能源和少用傳統化石能源，亦可減少污染物的排放量，以減輕大氣污染，達到保護生態的目的。目前在建築中應用新能源和可再生能源市場，主要有以下較為成熟的技術：

- (1) 推廣應用太陽能熱水系統，提供洗澡熱水和其他生活熱水。
- (2) 獨立型太陽能光伏發電系統。

3. 建築設備節能技術

建築物本體節能是從減少建築物與外界環境的熱量交換，以及降低建築能耗的角度來達到節能的目的是，另外還必須考慮節能措施與建築形態的結合。而建築設備節能是從提高建築設備能源利用率角度出發的，這些設備主要包括空調、照明、水、電等耗能設備。

但隨著經濟的高速發展，人民生活水平的大幅提高，人們對工作和居住的舒適性提出較高的要求，不僅要求有良好的熱與光的舒適性、清新健康的空氣品質，以及冷凍、熱水等齊全的生活設施，因此，建築設備的能效存在著巨大的潛力，這與

建築設備節能管理及應用有密切關係。各類建築設備產品都要在滿足使用功能的前提下，通過使用能效高的建築設備產品與新技術，開發節能型建築設備和產品，提高設備運行時的部分負荷效率，總體提升額定能源利用率，以達節能指標。



第一章

建築材料選擇及應用

1.1 介紹

傳統的建築物大部份採用鋼筋混凝土作為主結構的材料，此類材料於生產過程中須排放大量的二氧化碳，因此減少二氧化碳排放量為節能建築設計之其中的基本要求。而建築師於選擇建築材料時亦以此為其中一個重要考慮因素，同時亦須配合室內環境之指標，因此不同種類的建築材料，為迎合建築師對美學及實用性的要求，嶄新及多用途的建築材料於市場上應運而生。

如今，節約能源已成為世界性問題，亦成為建築師及材料生產商共同關注的焦點，因此提高建築物的節能效率，制定建築設計及建材運用的節能效率，例如採用LOW-E玻璃代替傳統高反射玻璃，保持採光及通風潛力以減少建築物能源消耗等對策，都是建築師必須考慮的課題。

1.2 設計考慮

建築節能技術應該體現在設計的全過程中，從選址到設計，從圍護結構到通風採光、可再生能源利用等方面都應該貫徹執行。同時應該在興建建築物每一階段推廣及引入，從而發展出可持續的節能建築。而減少建築圍護結構的能源損耗水平方面，以一般建築物而言，根據一些研究資料顯示，窗是最主要的能源損耗途徑，約佔建築物總能源損耗的50%，其次是滲漏及牆體，分別佔總能耗的21%及10%，另外屋頂佔約6%。所以除了窗外，牆體的保溫隔熱節能也很重要。下列為一般採用的建築節能技術的方向：

- (1) 遮陽技術：以適當的角度、材質及構造組成外遮陽設計，同時達到不減弱採光條件並遮擋由玻璃入射的過熱日射量的目的，以防止直射陽光使室內過熱，以及建築圍護結構過熱而造成對室內再輻射，並防止直射陽光所造成的強烈眩光。
- (2) 自然採光技術：建築的自然採光就是將日光引入建築物內部，並以精確的控制方式分配自然光，以提供比人工光源更理想的照明條件。
- (3) 自然通風技術：即以合理的建築設計達到自然通風的功能，可在不消耗不可再生能源的情況下降低室內溫度、帶走潮濕氣體、排除室內污濁空氣、達到人體舒適及提供新鮮、清潔的自然空氣。
- (4) 牆體保溫隔熱節能技術：以導熱係數小的高效絕熱材料附著在牆體結構層，於牆體

主體結構上增加一層或多層複合的絕熱保溫材料來改善整個牆體的熱工性能。

(5) 門窗節能：建築物向外門窗是影響室內熱環境質量和建築節能的重要因素，亦是圍護結構中熱工性能最弱的位置。一方面是能耗大的構件，另一方面亦是得熱構件，即太陽光通過玻璃透射入室內而容易使室內溫度升高。由於門窗的耗能占圍護結構總能耗的40%至50%，其節能對策有兩種：一是在不妨礙採光水準下盡量降低開窗率，二是採用高遮陽係數的Low-E (Low-Emittance) 節能玻璃。

(6) 屋面節能：以保溫、隔熱及防水材料加強屋面的隔熱能力，以減少屋面的熱傳透熱量。

就建築在客觀、主觀條件下設計在能耗優化方面的考慮以下要點：基地日照、基地遮陽和建築自遮陽。

1.2.1 基地日照

利用陽光是節能建築中一個最經濟的方案。日常生活、健康、衛生、營養、工作效率均與日照有著密切的關係。為滿足建築對日照的需求，應在設計時按照使用要求，綜合考慮地區氣候條件，日照特點，地形及前後建築的遮擋條件，房間的自然通風要求，以及節約用地等因素，採取相應的措施，正確地選擇房屋朝向、間距、建築體型、窗口位置、遮陽處理等。

1.2.2 基地遮陽

遮陽是防止夏季過多的太陽輻射的有效手段之一，基地遮陽條件主要來自二方面：

- 綠化遮陽：最為理想的基地遮陽植物是落葉喬木，茂盛的枝葉可以阻擋夏季灼熱陽光，並能降低微環境溫度；而冬季溫暖的陽光會透過稀疏枝條射入室內。
- 建築自遮陽：在總平面布置中利用建築互相形成的陰影遮擋陽光的方法。

1.2.3 風對城市規劃和建築佈局的影響

外部風環境的狀況(如風速、風向、空氣溫度、空氣衛生質量即潔淨度等)直接影響到建築室內的熱環境。城市規劃和建築設計中應注意建築通風，由於不同環境地區以及不同季節中建築對風的要求都有所不同，故應以當地主導氣候為基礎調節

微氣候，組織自然通風。在場地中，影響通風的主要因素有建築群的高度與間距，街道走向，空曠場地分佈，地面覆蓋物狀況與規模等。

在濕熱地區，規劃應滿足最佳的通風條件。在夏熱冬冷的氣候區，建築既要考慮夏季的隔熱和降濕，又要能適應冬季保溫，保濕的要求，這就要求建築的通風設施應具有很強的可調性。

建築佈局必須同時考慮季風（season wind）與海陸風（sea land wind）的影響才能得到良好的通風規劃。華南沿岸海濱地區的季風通常在冬天吹東北風，夏天吹東南風，因此建築大門、門廊、開窗、中庭入口應避免迎向東北方位，而以迎東南方位為優先考量。另外，海陸風是因為海水的熱容量（thermal capacity）較大而受太陽加熱降溫不易之故，在白天常有風吹向大陸；在晚上時常有風由大陸吹向海濱。如能善用此卓越之風向進行建築規劃，當能得到較佳的通風效益。

1.2.4 圍護結構

不同國家，不同地區氣候條件的差別，對建築外圍護結構的傳熱性能要求也不同。隨著生活水平的提高，將外圍護結構的熱工性能提高是節能的主要應用措施。改善圍護結構熱工性能，主要通過建築窗牆面積比、遮陽、牆體保溫、隔熱建材來進行節能設計。

澳門是亞熱帶氣候，對於建築遮陽與外牆保溫的要求與北方氣候有明顯之差異，根據「參考文獻30」，在澳門、台北、上海、北京等由亞熱帶到寒冷四種氣候之下，辦公建築物圍護結構設計因子對空調熱負荷之影響如表一所示。由此可知，在澳門的圍護結構設計因子中，以「窗面遮陽」與「窗牆面積比」兩因子對空調耗能變動的影響力最大，各佔45.7%、44.2%，兩者合計約佔九成之比重。其中「窗面遮陽」因子包括良好外遮陽與玻璃及玻璃幕牆的遮蔽係數設計；「窗牆面積比」的重要性顯示開窗越大空調耗能也越高，因此「抑制過大的開窗設計」是亞熱帶建築節能設計很重要的考量。其他方位與保溫等因子的影響比重約佔一成，也是節能設計值得關心之處。

表一、辦公建築圍護結構因子對全年空調耗電量變動的影響率

外殼因素 氣候(代表點)	方位	窗牆面積比	窗面遮陽 (外遮陽與玻璃 遮陽係數SC)	保溫與其他
寒冷氣候(北京)	7.7%	36.3%	15.8%	40.2%
北亞熱帶(上海)	3.6%	37.1%	8.7%	50.9%
南亞熱帶(台北)	5.5%	49.0%	42.7%	6.5%
南亞熱帶(澳門)	4.8%	44.2%	45.7%	6.3%
模擬建築外殼因子與水準為：方位（八方位）、開窗率（25、50、75%）、 水平外遮陽（0.0、50、100cm）、玻璃遮陽係數（0.33、0.52、0.81）、 玻璃熱傳係數（1.86、2.98、6.07）、外牆熱傳係數（0.90、1.98、3.49）、 屋頂熱傳係數（0.80、1.39、2.89）、外牆隔熱材厚（0.0、2.5、5.0cm）。 模擬空調設備條件：AHU+CAV系統，主機效率(COP)=5.5。 模擬建築條件：地上十層樓、標準層平面25×50m、地上層樓地板面積125.000m ² 。 澳門之解析以香港氣象資料替代之。 取自文獻30：「綠色建築」				

備註：

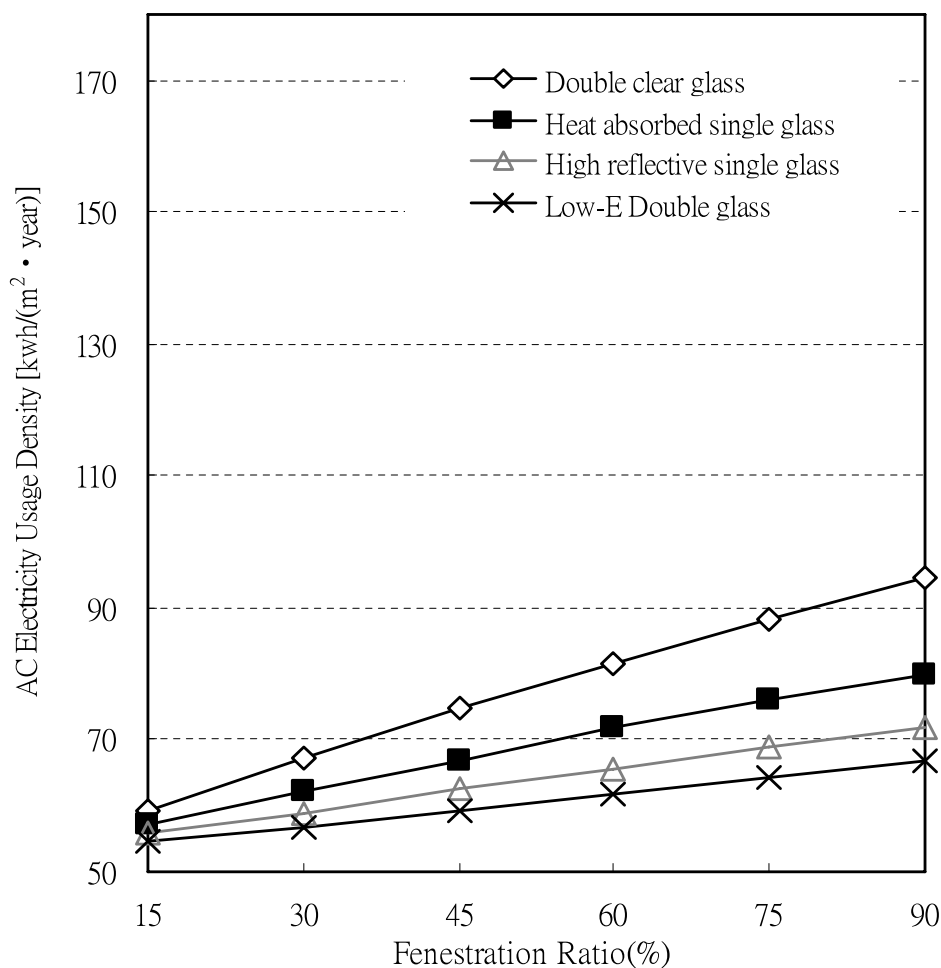
AHU：(Air handling unit)空氣處理機組

CAV：(Constant air volume)定風量系統

1.2.1 窗牆面積比

大面積的開窗將導致空調採暖的高能耗，但開窗面積過小又不能保證日照及採光的要求，窗牆面積比的確定要兼顧保溫和太陽得熱兩方面。在保證室內通風採光標準，空間視覺舒適及室內布局和環境舒適的前提下確定準確的開窗面積是十分重要的。

在澳門的辦公建築開窗面積比對空調耗電量的影響如下圖所示，顯出開窗面積越大會導致空調耗電明顯上升的趨勢，因此開窗面積應適可而止，否則會招來明顯的能源浪費。可以根據本地區的氣候條件制定適合的要求。



備註：

Double clear glass：雙層清玻璃

Heat absorbed single glass：隔熱單玻璃

High reflective single glass：高反射單層玻璃

Low-E Double glass：低散射雙層環保玻璃

AC Electricity Usage Density：交流電單位用電量

Fenestration Ratio：開窗率(牆窗面積比)

1.2.6 遮陽技術

遮陽是通過建築方法，運用相應的材料和構造，與日照光線成有利角度，遮擋通過玻璃影響室內過熱的日輻射，而不減弱採光條件的方法和措施。以建築遮陽阻隔陽光直射有三個好處：可以防止透過玻璃的直射陽光使室內過熱；可以防止建築圍護結構過熱並造成對室內的再輻射；可以防止直射陽光造成強烈眩光。由於日輻射強度隨地點、日期、時間和朝向而異，建築中各朝向窗口要求遮陽的日期、時間以及遮陽的形式和尺寸需根據具體地點的氣候和窗口朝向而定。

1.2.6.1 遮陽的分類

遮陽方式從構造的形式上來劃分，大致有水平遮陽、垂直遮陽、綜合式遮陽，擋板遮陽：

- 水平遮陽(Horizontal Shading)：能夠有效遮擋高度角較大的、從窗上方投射下來的陽光。它適用於南向窗口的遮陽。
- 垂直遮陽(Vertical Shading)：能夠有效遮擋高度角較大的、從窗側斜射過來的陽光。但對於高度角較大的、從窗上方投射下來的陽光，或接近日出、日落時平射窗口的陽光，不起遮擋作用。適用於東北、西北、正北向窗口的遮陽。
- 綜合式遮陽(Integrated shading)：能夠有效遮擋高度角中等的、從窗前斜射下來的陽光，遮陽效果比較均勻。適合於東南、西南、正南向窗口的遮陽。
- 擋板遮陽(Baffle shading)：能夠有效遮擋高度角比較少，正射窗口的陽光。適合東、西向窗口的遮陽。擋板遮陽為窗口前方設置和窗口平行的擋板，或擋板與水平遮陽或豎直遮陽或綜合遮陽組合而成的遮陽式擋板，可做成任意造型的花格元素。

又根據遮陽設施與外圍護結構的相對位置可分為內遮陽、外遮陽：

內遮陽(Inner shading)：內遮陽不直接暴露在室外，對材料及構造的耐久要求較低，價格相對便宜，操作、維護方便。如安裝在室內的窗簾、彈簧卷簾、活動遮陽百葉板、保溫板。但是，陽光的輻射熱量雖在一定程度上得到了遮擋，但其相當一部分的熱量已經滯留在室內，使房間的溫度有一定程度的升高。

外遮陽(Exterior shading)：外遮陽是一種經濟有效的節能方式。研究表明，外遮陽所獲得的節能收益為10%~24%，而用於遮陽的建築投資則不足2%。在歐洲，建築遮陽大部分為建築外遮陽，因為如果採用建築物內遮陽，實際上是僅僅擋住光線，並不能擋住熱量，當光線遇到內遮陽產品時，其輻射熱已經透過玻璃進入內，並會使玻璃的溫度升得很高，從而達不到建築節能的目的。建築物外遮陽在歐洲應用得很普遍，即使是日照不太充足的國家和地區，也廣泛在建築上使用遮陽產品。

全面拉下的室內百葉簾僅可擋去正面入射陽光17%的日射熱，而在亞熱帶南向遮蔽角45度的水平外遮陽版(一米窗高、一米遮陽深度)，全年就可輕易遮去68%的日

射熱，可見內遮陽的節能效果較小（更何況內遮陽常常不被正常使用），更見外遮陽的功效甚大。

1.2.6.2 遮陽的安裝

根據遮陽的安裝和使用方法可以分為固定式遮陽(Immovable shading)和活動式遮陽(Movable shading)。其中活動式遮陽具有比較良好的遮陽效果，遮陽的程度可以根據居住者的意願精心調節。活動式遮陽的形式有：

- 推拉式活動遮陽(Push-and-pull-shading)：屬於活動擋板遮陽的一種，制作材料多為鋁合金板、鋁板、鋼板等金屬材料，由滑道控制遮陽板位置，達到遮陽效果。
- 旋轉式活動遮陽(Rotary Activities Shading)：利用鋁合金板、木板等材料組成活動百葉片，由活動軸心控制百葉片角度，同時整面百葉窗亦可設計成活動式，因應陽光角度達至遮陽效果。

1.2.6.3 遮陽的使用方法

按照遮陽調節方式又可分為手動(Manual)調節光線的遮陽和自動(Automatic)調節光線的遮陽。遮陽板應滿足不同季節，不同氣候狀況下的使用要求，做到靈活可控，以降低太陽輻射並節約能源；活動遮陽控制方式可手動，也可根據室內溫度及日照強度自動調節遮陽設施，有條件的建築可進一步安裝光感元件、溫感元件及電動執行機構，以實現智能化的全自動控制。

智能化遮陽(Intelligent shading)是一套較複雜的系統工程，是從功能要求到控制模式、信息採集、執行命令、傳動機構的全過程控制系統。它涉及到氣候測量、制冷繼續運行狀況的採集、電力系統配置、樓宇系統、計算機控制、外立面構造等多種因素。

一般智能化遮陽採用的控制優先權順序：第1階段是風雨控制，風雨控制用以在惡劣氣候下收回簾幕，保證安全性，是大廈空調選擇最經濟的方式，依據遮陽來保持室內溫度，第2階段的陽光控制，經由陽光測量裝置控制遮陽降低強光，達到視覺舒適的空間。

1.2.6.4 綠化遮陽

綠化遮陽包括牆面垂直綠化、屋頂綠化、室外植物綠化等全方位綠化，它應充分考慮在陽台、建築挑出構件、屋面和牆面種植適當的植物與澆灌系統以達可持續的綠化系統。

借助樹木或藤蔓植物來遮陽是一種既有效又美觀的遮陽措施。樹木首選落葉喬木，以便在夏天遮陽，在冬天取暖。夏季有茂密的枝葉可以遮擋灼熱的陽光，可利用植物光合作用將太陽能轉化為生物能而不使植物葉片本身升溫，而遮陽構件在吸收太陽能後溫度會顯著升高，其中一部分熱量還會通過各種方式向室內傳遞。

1.2.7 自然採光

(1) 採光

採光設計必須理解日照規律和氣候特徵，以了解太陽光對室內環境的影響。對北半球而言，由於夏至太陽高度角高、冬至高度角低，日照入射到室內牆與地面上的投影完全不同，冬至日在有效日照時間裏受照面較大，夏至日受照面積小，所以遮陽可以將夏季過多的陽光遮擋住而不致影響冬季的日照。

遮陽設計可阻擋直射陽光並防止眩光，達到採光遮陽之綜合效益。利用遮陽板的反射，亦可將自然光引導到室內深部，達到光照度均勻分佈的作用。遮陽的設施從簡單的光柵到高級的玻璃遮陽系統，有軟百葉窗、反射百葉、垂直遮陽板和玻璃薄膜，它們的主要作用就是提高光水平的均勻性，包括降低窗口附近的光照，提高室內離窗較遠環境的光照等。

(2) 自然採光技術

天然光是大自然的財富，它不僅是一種清潔、安全的能源，而且是取不盡、用不竭的。充分利用天然採光不但可節省大量照明用電，還能提供更為健康、高效、自然的光環境。建築的天然採光就是將日光引入建築內部，並精確地控制分配光線的照度，以提供比人工光源更理想的優質照明。

1.2.7.1 採光設計步驟

- 確定滿足功能使用要求的照度水平、性能目標；

- 根據天然採光的照度水平、性能目標確定建築的位置、形狀和朝向；
- 根據研究確定最有效的採光口一窗，並將其融入基本建築形式；
- 根據氣候、窗戶位置和朝向確定玻璃材料，以保證最高的照明效能，根據牆壁、頂棚和地面的推薦反射系數；
- 根據研究或對其他太陽射線的分析，結合建築藝術處理，確定能夠調節天然採光的建築構件或遮陽板；
- 施工驗收，用儀器檢測房間的照度水平，並與設計的照度水平、性能目標相對照，提出必要的改進方法，制定確保建築天然採光特點和維持最佳性能的維護措施。

1.2.7.2 採光系統設計

建築的天然採光需要在圍護結構上開口，即形成窗，允許日光進入並分配和發散光線。良好的天然採光設計能避免因直射光引起的不舒適的得熱和亮度，現代天然採光技術的創新提供了範圍很廣的先進、高效和高度完善的系統。根據窗位置、形式的不同，我們可以將天然採光大概劃分為側窗採光系統、天窗採光系統和中庭採光系統。

1.2.7.2.1 側窗採光系統

是在房間的一側或兩側開採光口，是最常用的一種採光系統。光線具有明確的方向性，有利於形成陰影，並可通過它看到外界風景，擴大視野，但其缺點是照度分布不均勻，近窗處照度大，離窗越遠，照度下降速度快。

除了房間的進深之外，建築物的間距、窗戶的面積、分布及形狀等都影響房間照度和均勻性。高側窗可以看作側窗的特例，是一種非常好的、使日光深入內部空間的方法。從外牆窗戶射入房間後部的光量、房間前後部的照度對比以及工作面與背景的照度反差，深受室內表面反射係數的影響，反射係數越高，房間後部的照度越大，室內採光的均勻度越佳。

1.2.7.2.2 天窗採光系統

天窗採光系統可細分為矩形天窗、鋸齒形天窗、橫向天窗、井形天窗和平天窗等不同類型，其中平天窗在公共建築中應用較為廣泛。然而，不論任何形式的天窗

均可能引入強烈的太陽輻射與眩光，不但會增加嚴重的空調能耗，也會引來室內照度不均而感到視覺之不舒適，因此通常必須採用良好的Low-E玻璃或外遮陽百葉板、穿細孔金屬室外檔版，以達到節能與舒適採光的目的。

平天窗就是屋頂上的水平開口，是普遍採用的日光照明方法。如果用得合理，將是使光線進入房間的最有效的方法。天窗之間的理想距離大約為地面到頂棚距離的1.5倍。最佳天窗與地面面積比可以為5%~10%或更高，具體數值根據玻璃的透射率、天窗設計的效率、需要的照度水平和頂棚的高度以及房間是否有機械空調系統而變化。大多數平天窗需要散射玻璃，以控制太陽輻射。如果在日光照明中採用平天窗，必須保證：

- 井壁傾斜以防止效率的損失。位於天窗開口下面的垂直面稱為“井壁”。當該結構的深度或從屋頂到頂棚平面的距離增加時，保持井壁具有一定的角度以防止天窗採光效率的損失。
- 在天窗下設置擋板，將一些反射光反射到頂棚表面上。這種技術使頂棚成為相對較大的非直射光源，減少了光源對背景的反差。
- 考慮屋頂的設計。如果在傾斜的屋頂上使用天窗，天窗的效率會隨屋頂傾斜度的增加而降低，而且光線分布形式同側光照明更相似。如果屋頂朝北傾斜，則室內光線比較均勻；如果屋頂朝東、朝南或朝西傾斜，室內的光線及陰影都會隨著太陽方向和高度角的變化而變化。

1.2.7.2.3 中庭採光系統

中庭最大的貢獻在於提供了優良的光線和射入到平面進深遠處的可能性，中庭本身則成為一個天然光的收集器和分配器，庭院、天井的建築凹口可以看作中庭的特殊形式。中庭的採光除了考慮直射光外，更主要的是光線在中庭內部界面反射形成了第二次或第三次漫反射光。中庭起了一個“光通道”的作用，這條光通道四周的牆體決定了光線的強弱以及有多少光線可照到中庭底和進入建築物最底層房間的內部。

到達中庭地面的直射光量取決於中庭本身比例—縱橫比，該特性決定了庭院光照水平的衰減程度；側面反射也很重要，不同反射性能的牆，其效能有很大的差異。對於靠中庭採光的底部空間，對面的反射牆就是它的“天空”，若該牆為一面從頂到地的透光玻璃或完全是敞開的，則只有很少一部分的光線會由此表面反射而

傳入下面各層空間。從理論上相反來說，該處如沒有敞開，則有如一個強反射面，光線進入中庭這個光通道，遇到四周牆身反射，就像光線在一個光導纖維中反射一樣，光的強度減弱極少。

1.2.8 自然通風

通風－遮陽板的構造應有利於室內的自然通風，可利用遮陽板作為引風裝置，增加建築進風口的風壓，對通風量進行調節。遮陽構件或百葉葉片的開啟角度不同，對風向和風力可起到不同的導向和控制作用，可滿足不同季節對室內通風條件的要求。高層建築周圍的風力通常很強，由於遮陽構件或百葉的導風作用，可使強風穿過百葉片進入室內後變得柔和，正因為風壓的原因，高層建築選用遮陽百葉時，一定要考慮它的抗風強度。

自然通風就是一項改善人與環境的重要技術。通過合理的建築設計，自然通風可在不消耗不可再生能源的情況下降低溫度、帶走潮濕氣體、排除室內污濁的空氣，達到人體熱舒適，並提供新鮮、清潔的自然空氣，有利於生理和心理健康，減少人們對空調系統的依賴，從而節約能源、降低污染、防止空調病。

1.2.8.1 通風的作用

- 健康通風，利用室外的新鮮空氣，更新室內由於居住及生活過程而污染了的空氣，以保持室內空氣的潔淨度達到某一最低標準的水平，這是任何氣候條件下都應該予以保證的。室內空氣質量(Indoor Air Quality)的低劣很大程度上是由於缺少充足的自然風。根據人體衛生的要求，最低換氣次數應為每小時0.7~0.8次，滿足這個標準後才能達到健康通風的標準。
- 熱舒適通風，功能是增加體內散熱及防止由皮膚潮濕引起的不舒適，以改善熱舒適條件。熱舒適通風取決於氣流速度和氣流分佈，氣流速度和氣流分佈的關係還取決於室內空間的幾何條件及開口的位置。熱舒適通風還與溫度、濕度、衣著、工作強度及新陳代謝有關。在休息狀態及低溫度條件下，特別是半裸或衣著很單薄時，低的氣流速度較為合適，但當濕度及新陳代謝率增高，衣著又厚時，則為了防止皮膚潮濕及排汗散熱效率的降低從而造成排汗率的增高，則需要較高的氣流速度。
- 降溫通風，通風是增熱還是降溫效果，取決於無通風時的室內溫度與室外溫

度間的溫差情況。在室內氣溫高於室外氣溫的期間進行通風，則可以降低室內溫度；如條件相反，則通風效果也相反。一般情況下，夏季傍晚及夜間室溫常高於室外，所以在此期間進行通風常能得到良好的降溫效果。

1.2.8.2 自然通風的建築平面佈局

對於絕大部分的建築物之通風規劃來說，設計一個通風良好的建築平面是最重要的。基本上縱深過大的建築平面是不利於通風的，我們從建築平面的形狀即可大略判斷其通風之潛力。根據研究指出，一般而言，良好的通風路徑要形成，在單邊開窗之空間深度應控制在2.5倍的室內淨高之內；雙邊開窗之空間縱深應控制在5倍的室內淨高之內。14米深度通常就是良好通風建築的極限，超出14米深的建築物必須長期依賴空調換氣設備方可維持其機能，非常不適於自然通風之建築設計。

同樣對於大部分在泛亞熱帶與溫暖氣候環境的辦公建築，可以透過細長平面的自然通風採光設計來降低空調的依賴度，如採用深度低於14米的平面設計，全年有三個月至半年時間可以停止空調運轉，全年可節約四成以上空調用電或兩成以上的總用電量。

1.2.8.3 自然通風的形式

建築通風是由於建築物的開口處(門、窗等)存在壓力差而產生的空氣流動。按照產生壓力差的不同原因，自然通風可分為風壓自然通風、熱壓自然通風、風壓與熱壓相結合的自然通風及機械輔助式自然通風。

1.2.8.3.1 利用風壓實現自然通風

當風吹向建築物正面時，因受到建築物表面的阻擋而在迎風面上產生正壓區，氣流再向上偏轉，同時繞過建築物各側面及背面，在這些面上產生負壓區。風壓通風就是利用建築物迎風面的壓力差來實現。

1.2.8.3.2 利用熱壓實現自然通風

熱壓通風即平時所講的“煙囪效應”其原理為熱空氣上升，從建築上部風口排出，室內因此產生負壓，於是室外新鮮的冷空氣從建築底部被吸入。室內外溫差越大，進出風口高度差越大，則熱壓作用越強。對於室外環境風速不大的地區，

“煙囪效應”產生的通風效果是改善熱舒適的良好手段。

熱壓取決於室內外溫度差與氣流通道的高度(即開口間的垂直距離)之乘積，因此只有當其中的一個因素有足夠大的量時，才具有實際重要的意義。在居住建築中，氣流通道的有效高度很小，故必須有相當大的室內外溫差，才能使由熱壓引起的氣流具有實際用途。但這種較大的溫度差值只有在冬季、在寒冷的地區才能得到。因此，在夏季為得到有實際用途的通風，熱壓所需要的溫度差就顯得太小了。

日常生活中在廚房、浴室及廁所等可應用垂直管道進行排風，通風道向上延伸可通過幾層樓高，這樣利用進出氣流的高度形成的熱壓，就可以有效地應用於自然通風。但這樣形成的風壓很不穩定，如果室外溫度非常寒冷或室外風速很大時，通風道內的空氣常常會發生回灌現象。應對的方法是安裝自然通風器裝置在出風口，其原理是即使很小的微風吹過自然通風器裝置，裝置也會自動單方向旋轉，經由慣性的旋轉，內部就會產生負壓，促使垂直通風道內部的空氣排出。

1.2.8.3.3 風壓與熱壓相結合實現自然通風

利用風壓和熱壓來進行自然通風往往是互為補充、密不可分的。在實際情況下，風壓和熱壓是共同作用的。一般來說，在建築進深較小的部位多利用風壓來直接通風，而進深較大的部位則多利用熱壓來達到通風效果。

1.2.8.3.4 機械輔助式自然通風

在一些大型建築中，由於通風路徑較長，流動阻力較大，單純依靠自然風壓與熱壓往往不足以實現自然通風。而對於空氣污染和噪音污染比較嚴重的城市，直接的自然通風還會將室外污濁的空氣和噪音帶入室內，不利於人體健康。在這種情況下，常常採用一種機械輔助式的自然通風系統，該系統有一套完整的空氣循環通道，輔以符合生態思想的空氣處理手段(如土壤預冷、預熱、深井水換熱等)，並借助一定的機械方式加速室內通風。

對於機械通風系統的通風管道，應仔細設計其尺寸和路線，以減少氣流阻力，從而減少對風扇功率的要求；合適佈置送風口和進風口的位置，以防止其產生噪音；通風系統的良好設計也能同時防止火災時火焰的蔓延。

1.2.8.4 自然通風的設計

節能建築的自然通風設計主要涉及室外自然通風的協調、應用及室內的通風組織、設計，通過室內外的協作設計來改善建築的風環境，達到節能的目的。建築設計策略：

- 數據收集分析。如果希望建築能夠利用風壓獲得良好的自然通風效果，需要在設計初期階段搜集詳細的氣象統計數據，並對場地進行調研，掌握局部風環境的情況。場地風速頻率、平均風速、風向分布、無風日數，以及場地周邊的建築、植物分布情況都會對通風策略的制定產生重要影響。
- 詳細設計階段。可以利用計算機或風洞試驗對通風進行模擬，獲得簡化的風壓分布圖，從而幫助建築師調整建築開口部位或對建築型進行優化。

1.2.8.4.1 朝向、布局和通風

在設計建築物的自然通風時，應根據風玫瑰圖，從用地分析和總圖設計著手，使建築的排列和朝向有利於自然通風。對於建築形體的不同組合，例如一字形、山形、口形、鋸齒形、台階形和品字形，在組織自然通風方面都有各自不同的特點。在中國大部分地區夏季主導風向都是南或南偏東，所以傳統建築多為坐北朝南，即使是現代建築也以南或南偏東為最佳朝向。建築群錯列、斜列的平面布局形式較之行列式與周邊式有利於自然通風。當房屋的前後都圍有院路時，南側小院內的空氣由於受到陽光照射而上升，從而通過南北窗戶把北側小院內的較涼的空氣引向南院來，這樣也可起到房間通風的效果。

為了獲得良好的室內通風質量，取得合理的風速、風量和風場分布，還需要考慮建築室內空間的劃分及建築形體的組合，建築平面、剖面形式的合理選擇是組織自然通風的重要措施。當在濕熱地帶建房時，為了保持房間的乾燥並加強其通風，有時還可把第一層的樓板抬高架空來設計，將自然通風設計和供暖、降溫及光照設計作為一個整體來進行，室內熱負荷的降低可以減少對通風量和效率的要求，中庭或風塔的拔風效應也有助於提高通風量和通風效率。當設計多層建築時，往往可利用熱空氣上升的原理，把各層房間的空氣通過樓梯井或走廊局部開設的金屬透空網格等吊到頂層，通過屋頂排氣天窗、排氣孔或通風屋脊等排出屋外。

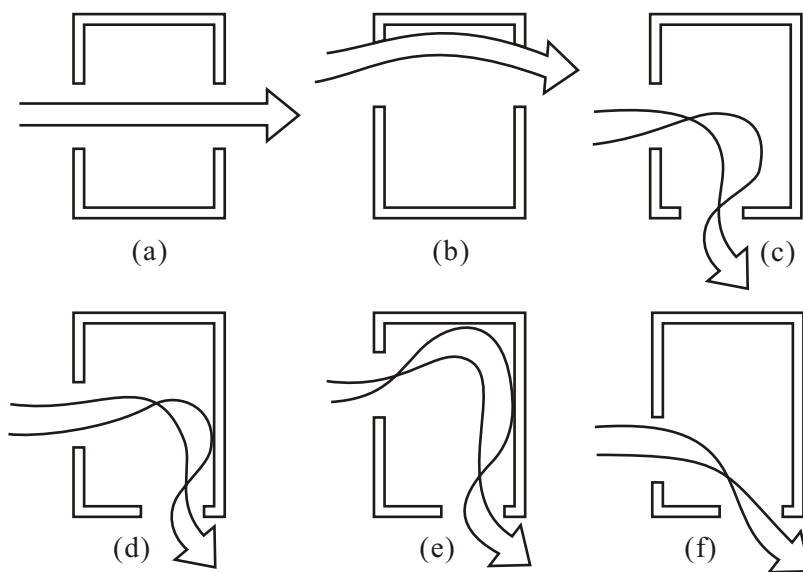
1.2.8.4.2 窗戶和通風

窗戶設置方式窗戶朝向、窗戶尺寸、窗戶位置和窗戶的開啟方式，直接影響建築室內氣流分布。

- 門窗的布置的影響

下圖為某一房間的六種不同的對流風的效果。其中(a)及(b)的直對門窗位置使對流風風速加大，但風吹過的範圍較窄；(c)產生一定程度的空氣貼牆繞行的現象；(c)及(d)的門窗位置使對流風吹過的房間範圍較寬；(e)及(f)由於風的入口位置的不同，產生了兩種效果區別較大的對流風。下圖是窗戶的剖面位置和遮陽板等構件對室內氣流場的影響，可見窗口正對，風流過的空間範圍較小，在設計中應有意調整風口位置，保證人經常活動的區域有足夠的風來降溫。

六種不同的門窗位置對房間所產生的不同的通風效果示意圖



- 開啟方式的影響

水平推拉窗，氣流順著風向進入室內後，繼續沿著其初始的方向水平前進，窗戶的最大通氣面積為整個玻璃面積的1/2；水平或垂直旋轉窗，可調整氣流量及氣流的方向；外開或內開標準平開窗，則可通過採取不同的開啟方式，如兩扇都打開、僅打開逆風的一扇或順風的一扇，起到更自由地調節氣流的作用。

- 開啟角度的影響

開啟角度主要對個房間的氣流型及氣流速度的分布有影響，而對於平均速度的影響則很有限。從窗口將氣流引導向下，則可顯著地增大主氣流在流道上的速度，但對室內其他地方由主氣流引起的紊流則影響很小。

- 開啟尺寸對氣流的影響

開啟尺寸對氣流的影響在很大程度上取決於房間是否有穿越式通風。

僅在一面牆上有窗戶的房間內，窗戶尺寸對室內氣流速度的影響甚微。窗戶相對於風向的位置有以下三種；垂直於風向、斜對著風向及窗戶在背風牆上。風向垂直吹向窗戶時，增大窗戶尺寸對通風有明顯的影響；當風斜著吹向窗戶時，在沿著牆的寬度方向上氣壓的變化很大，從而可使空氣由窗戶的一部分進入，而由另一部分出去；風由窗背面吹來的情況下，由於沿牆的壓力差太小，因此擴大窗戶尺寸對於提高通風效果是有限的。

如果房間有穿越式通風(指利用開口把一定的空間與室外的正壓區及負壓區聯合起來)，則擴大窗戶尺寸對於室內氣流速度的影響甚大，但進風與出風窗戶的尺寸必須同時擴大，如僅增大二者之一就不會對室內氣流產生較大的影響。室內平均氣流速度主要取決於較小開口的尺寸，至於進風口與出風口何者較小，差別不大。另一方面。如果房間無穿越式通風，當風向與進風窗垂直時，室內的平均氣流速度還是相當低的；當有穿越式通風時，盡管開口的總面積未增大，但平均氣流速度及最大氣流速度均超過前者兩倍以上。

1.3 技術應用

1.3.1 牆體保溫隔熱節能技術

牆體節能技術又分為單一牆體節能技術與複合牆體節能技術。

1.3.1.1 單一牆體技術

所謂單一材料牆體就是利用材料自身良好的熱工性能及其他力學性能來作為牆體材料。優點是構造簡單，施工方便。單一牆體節能指通過改善主體結構本身的熱工性能來達到牆體節能效果，目前常用的牆材中加氣混凝土，空洞率高的多孔磚或

空心砌塊可用作單一節能牆。

加氣混凝土外牆：主要用於框架結構的填充牆，雙面抹灰200mm厚，加氣混凝土外牆的傳熱系數為 $1.02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。空心砌塊外牆：240mm厚雙面抹灰的空心砌塊外牆，傳熱系數為 $1.32 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。黏土空心磚：240mm厚黏土空心磚內抹30mm厚石膏保溫砂漿，傳熱係數為 $1.12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

1.3.1.2 複合牆體技術

隨著對外牆保溫性能要求的提高，單一材料在牆體的保溫方面很難達到要求，需要用熱導系數小的高效絕熱材料(如聚苯板、玻璃棉、岩棉板，礦棉板等)，附著在牆體結構層進行複合。複合牆節能是指在牆體主體結構基礎上增加一層或幾層複合的絕熱保溫材料來改善整個牆體的熱工性能。根據複合材料與牆體結構位置的不同結合，分為內保溫技術、外保溫技術及夾芯保溫技術。

- 內保溫技術：將絕熱材料複合在承重牆內側，技術並不複雜，施工簡單易行。在滿足承重要求及節點不外露的前提下，牆體可適當減薄，由於絕熱材料強度較低，需設覆蓋層保護。
- 夾芯保溫技術：在磚砌體，砌塊或鋼筋混凝土牆體中間裝設岩棉，礦棉板，聚苯板，玻璃棉板或填入散狀(或袋狀)膨脹珍珠岩，聚苯顆粒，玻璃棉等，將絕熱材料設置在外牆體之中間，有利於發揮牆體材料本身對外界環境的防護作用，這樣可取得良好的保溫效果，但要填充嚴密，避免內部形成空氣對流，並做好內外牆間的牢固拉結。
- 外牆保溫技術：外牆保溫技術是目前較為成熟的節能措施，在可能的條件下應採用外牆外保溫。外保溫由內向外的組成依次為：
 - a. 基層牆體：鋼筋混凝土牆，混凝土空心砌塊牆，黏土多孔磚牆，普通磚牆。
 - b. 結層：粘結膠漿。
 - c. 絕熱層：多用發泡聚苯乙烯，也用玻璃棉或岩棉。
 - d. 保護層：抹面膠漿加網格布，若用聚苯板，則用玻璃纖維網布；若採用岩棉板作保溫，則用鋼絲網片。

e. 飾面層：多用薄塗層，面層塗料，也可用飾面磚或飾面板等。

外保溫存在的主要技術問題仍是如何避免日後表面裂縫、空鼓和脫落。為此，對於保溫材料(各種物理性能以及尺寸誤差)，網布(孔眼、強度、重量、保護層、搭接等)，膠貼劑及面層砂漿(配合比、厚度、養護)以及其構造作法等諸多因素，都要一一妥善處理，要嚴格遵守有關技術規程，確保牆體外保溫的施工質量。

1.3.1.3 外牆外保溫，內保溫和夾芯保溫的優點比較

1.3.1.3.1 外保溫

- 適用範圍：保護主體結構，延長建築壽命，由於保溫層置於建築物圍護結構外側，緩衝了因溫度變化導致結構變形產生的應力，避免了雨、雪、凍、融、乾、濕循環造成的結構破壞，減少了空氣中有害氣體和紫外綫對圍護結構的侵蝕；
- 基本消除了熱(冷)橋的影響，有利於提高牆體的防水性和氣密性，使牆體潮濕情況得到改善；
- 有利於保持室內穩定，改善內熱環境質量；
- 便於對既有建築物進行節能改造，並可在一定程度上增加建築物的使用面積，同時避免室內裝修對保溫層的破壞。

1.3.1.3.2 內保溫

- 將絕熱體材料複合在承重牆內側，技術不複雜，施工簡便易行；
- 絕熱材料要求較低，技術性能要求比外保溫低；
- 造價相對較低。

1.3.1.3.3 夾芯保溫：

- 將絕熱材料設置在外牆中間，有利較好地發揮牆體本身對外環境的防護作用；
- 對保溫材料的要求不嚴格。

1.3.1.4 外牆外保溫，內保溫和夾芯保溫的缺點比較

1.3.1.4.1 外保溫

- 對保溫體系材料的要求較嚴格；
- 對保溫材料的耐性和耐久性提出了較高的要求；
- 材料要求配套，對體系的抗裂，防火，拒水，透氣，抗震和抗風壓能力要求較高；
- 要求有嚴格的施工隊伍和技術支持。

1.3.1.4.2 內保溫

- 難以避免冷(熱)橋的產生，熱橋往往存在於內外牆的交界處，構造柱、框架梁、門窗洞等部位，這些部位一般都含有一些金屬結構，金屬是熱的優良導體，因此加劇了傳熱，降低了保溫效果，而且由於熱橋部位內表溫度較低，寒冬期間，該處溫度低於室內空氣的露點溫度時，水蒸氣就會凝結在表面。這樣的潮濕表面很容易長菌發霉，熱橋嚴重的部位，在寒冬時甚至會滴水，對生活和健康影響很大；
- 防水和氣密較差，內保溫須設置隔氣層，以防止牆體產生冷凝現象；
- 內保溫板材出現裂縫是一種比較普遍的現象。

1.3.1.4.3 夾芯保溫

- 易產生冷(熱)橋；
- 內部易形成空氣對流困難；
- 施工相對困難；
- 因在保溫層兩側牆體的溫度差，外側牆容易產生裂縫，使牆體結構壽命縮短；
- 抗震性能差。

1.3.1.5 常用保溫材料及性能

1.3.1.5.1 模塑聚苯乙烯泡塑料 (EPS)

保溫層的選擇及其固定和保護在外牆保溫裝飾系統中是十分重要的，關係到系統的保溫隔熱性能和安全性。保溫材料一般是指導熱系數 $\lambda \leq 0.2 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 的材料。應採用熱阻值高即導熱系數小的高效保溫材料，其導熱系數一般小於 $0.05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。對保溫層的基本要求主要有：吸濕率低、貼結性能好、收縮率小和外形尺寸穩定性好(減少貼結劑本身及其表層的應力)。目前採用的保溫材料有膨脹型聚苯乙烯板、擠塑型聚苯乙烯板、岩棉板、玻璃棉氈以及超輕保溫漿料等，其中以阻燃級膨脹型聚苯乙烯板的應用最為普遍。

1.3.1.7.1 導熱系數(λ)

導熱系數是指當材料的厚度為 1m ，在其側表面的溫差為 1K 時，每 1 小時在 1m^2 面積內通過了多少瓦特的熱量，亦即是指材料傳導熱量的一種能力。

λ 值越大，材料的保溫能力越差。靜止的空氣是導熱系數最小的一種材料之一，僅有 $0.017 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，故保溫材料都是一種多孔的輕質材料(聚苯乙烯泡沫板的空氣含量在 97% 以上)，即在一般情況下材料的容重越小，則導熱系數越小。

材料的導熱系數與溫度和濕度有關。水的導熱系數是空氣的 20 倍，而冰的導熱系數是空氣的 80 倍。保溫材料只有在乾燥的狀態下才能發揮其保溫作用，因此所選用的保溫材料必須盡量地不吸水。

1.3.1.7.2 傳熱系數(K)

傳熱系數是由於溫度的差異而使熱流從建築構件高溫的一邊向低溫的一邊遷移的一個度量值。指在建築構件兩邊的溫度差為 1°C 時，每 1 小時在 1m^2 面積的建築構件內通過了多少瓦特的熱量。 K 值越小，熱損失越小。

1.3.1.7.3 熱阻系數(R)

傳熱系數的倒數。即 $R=1/K$ ，熱阻系數越大，熱損失越小。

1.3.1.7.4 常見材料的導熱系數(λ)

表二、常見材料的導熱系數表

材料	混凝土	實心 粘土磚	空心 粘土磚	聚苯乙烯 泡沫板	擠塑板	岩棉板	鋼材
容重 (kg/m^3)	2400	1800	1400	18	40	100-200	7800
導熱系數 ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)	2.10	0.81	0.58	0.04	0.03	0.04	58.2

選擇外牆保溫材料，一般應考慮以下幾個方面的因素：

- 氣候條件 — 不同地區氣候條件不同，傳熱系數(K)值和熱惰性指標(D)也有所不同。從理論上說，只要厚度足夠，各種保溫材料都能滿足K值和D值的要求，但成本相差很大。一般來說，嚴寒或寒冷地區採用聚苯板類保溫材料成本相對較低，而夏熱冬冷、夏熱冬暖和溫和地區採用膠漿類保溫材料則較為經濟。
- 飾面材料的自重 — 飾面材料按其自重可分為輕質材料和重質材料；前者如各種塗料，後者如面磚、石材等材料。由於保溫材料強度相對較低，採用輕質飾面材料安全性較高。如果設計中確實需要重質飾面材料，應盡可能採用強度相對較高的保溫材料，且應對保溫層採取加固和增強措施。
- 使用壽命 — 保溫裝飾系統的使用壽命分保溫材料使用壽命、飾面材料使用壽命和牆體結構使用壽命三個方面，系統的壽命決定於三個壽命中最薄弱的環節。一般說來，無機類保溫材料壽命長於有機類保溫材料，面磚類壽命長於塗料，預制類保溫系統(如保溫裝飾板)壽命長於現場施工類保溫系統。

1.3.1.8 常用的牆體保溫材料

1.3.1.8.1 聚苯乙烯膨脹泡沫板(EPS)

聚苯乙烯膨脹泡沫板屬於有機類保溫材料，它是以聚苯乙烯樹脂為基料，加入發泡劑等輔助材料，經加熱發泡而成的硬質輕型板材。在多倍放大後可見，EPS由內腔充滿空氣的封閉的小球狀體相互圍繞組成。這種材料防腐，還沒發現對人體健康

有不利之處。

能夠應用在外牆保溫體系中的聚苯乙烯膨脹泡沫板的指標為：

- 容重 $\rho \geq 18 \text{ kg/m}^3$
- 導熱系數 $\lambda \leq 0.04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 抗拉強度 $\geq 100 \text{ kN/m}^2$
- 吸水率 $\leq 2.5\%$
- 防火等級B1(難燃)
- 常用板材尺寸 900X600mm，1200X600mm 厚度2~10cm

1.3.1.8.2 擠塑聚苯板(XPS)

擠塑聚苯板是一種硬質擠塑式聚苯乙烯保溫絕熱材料，是以聚苯乙烯樹脂加上其他的原輔料與聚合物，通過加熱混合同時注入催化劑，然後擠塑壓出成型而造成的截面均勻的硬質保溫板材。其內部具有完美的閉孔蜂窩結構，這些蜂窩結構的互聯壁有一致的厚度，完全不會出現空隙，這種結構讓XPS成為具有導熱系數低，不吸水、高抗壓、輕質、防潮、耐腐蝕、使用壽命長等優異性能的新型環保保溫材料。

它具有優異的隔熱保溫性能，XPS的導熱系數 $\leq 0.03 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ，具有高熱阻、低線性膨脹率的特性。其導熱系數遠遠低於其它保溫材料，由於其具有穩定的化學結構和物理結構，確保保溫性能的持久和穩定。

能高外牆保溫體系中使用的擠塑聚苯乙烯保溫板指標：

- 容重 $\rho \geq 35 \text{ kg/m}^3$
- 導熱系數 $\lambda \leq 0.03 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 抗拉強度 $\geq 250 \text{ kN/m}^2$
- 吸水率 $\leq 1.0\%$
- 防火等級B1(難燃)
- 常用板材尺寸 900X600mm，1200X600mm 厚度2~10cm

1.3.1.8.3 岩棉

岩棉是一種無機礦物質纖維保溫材料。它是以玄武岩或輝綠岩為主要原料，經高溫熔融噴制而成的無機人造纖維。纖維直徑為 $3\sim 6\mu\text{m}$ 。岩棉板的纖維是平行於牆面的。岩棉的一個顯著的優點是不會燃燒，在DIN4102中屬於A級(不燃)。

- 容重 $\rho = 100\sim 200\text{ kg/m}^3$
- 導熱系數 $\lambda \leq 0.04\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

岩棉條是岩棉板的一種變異，它的生產過程與岩棉板是一樣的，但它被切削成條狀，纖維方向垂直於外牆面，所以抗拉強度更高，相當於EPS板抗拉強度的最高值。容重 $\rho = 70\sim 90\text{ kg/m}^3$ ，比岩棉板更小，經濟價值更高。

1.3.1.8.4 聚苯顆粒保溫膠漿

聚苯顆粒保溫膠漿由聚苯顆粒、高分子聚合物硅酸鹽水泥組成，不僅具有保溫功能，還具有一定的隔熱作用。其主要指標如下：

- 導熱系數 $\lambda \leq 0.06\text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- 蓄熱系數 $\geq 0.95\text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
- 抗壓強度 $\geq 200\text{ kPa}$
- 壓剪粘結強度 $\geq 50\text{ kPa}$
- 憎水率 $\geq 95\%$
- 防火等級B1(難燃)

1.3.1.9 對建築保溫產生影響的幾個因素

1.3.1.9.1 熱存儲性

蓄熱系數(S)，材料的熱存儲性的表面特徵值是材料的蓄熱系數(S)，它是指材料的一邊在受到周期性熱作用下，通過材料表面的熱流波幅與表面溫度波幅的比值。其值越大，材料的熱穩定性越好。

熱惰性指標(D)，D值是表面特徵圍護結構對溫度波衰減快慢程度的一個無量綱性指標，對多層材料來講， $D = \sum R S$ (R各材料層的熱阻，S相應材料層的蓄熱系數)。

熱惰性指標是影響熱穩定性的主要因素。牆體的D值越大，其熱穩定性越好，因而房間的熱穩定性也越好。熱存儲性(熱穩定性)對保溫、隔熱來說均有著特別的意義。

1.3.1.9.2 保溫與隔熱

保溫——一般越是輕的材料熱存儲性越小，例如保溫材料與一些輕質的牆體材料，越是重的材料熱存儲性越大，如磚、石、混凝土等承重牆體材料。由於在房子加熱過程中熱量總是從熱的一邊向冷的一邊遷移，熱存儲性大的牆體在此遷移過程中從室內空氣中存儲了一部份熱量，然後在停止加熱時把這部份熱量返還給室內。如果牆體的外表有一個好的保溫，也就是說，如果建築物做了外保溫，熱存儲性的意義就更大。它的結果就是：提高房間的牆體內表面溫度，從而提高了人的居住舒適度。

隔熱——熱穩定性對建築物的隔熱更起著決定性的作用。夏天，在24小時一周的太陽輻射下，重質的材料因其熱穩定性好，內表面溫度不易受太陽輻射和室外溫度波動的影響，故隔熱性較好。如建築物需同時考慮保溫、隔熱性能的話，最佳的牆體結構設計是以重質的牆體材料附加一層很輕的保溫層。

1.3.1.10 常用的飾面保溫材料

1.3.1.10.1 EPS(聚苯乙烯泡沫板)保溫裝飾系統

適用於嚴寒及寒冷地區飾面材料為塗料或面磚、石材的外牆保溫工程。應用時分為以下系統：

- EPS(聚苯板)保溫塗料飾面系統

適用於嚴寒或寒冷地區飾面材料為塗料的外牆保溫工程，低廉的價格和良好的保溫性能是EPS板保溫系統的最大優勢所在。保溫板表面採用防水抗裂抹面膠漿和彈性膩子雙層防護，並由耐鹼纖維網格布與錨釘增強，不僅提高了系統的抗沖擊強度，還可避免板間裂紋和龜裂紋的產生。

- 高密度EPS(高密度聚苯板)保溫面磚飾面系統

由於自身強度較低，雖然EPS板具有良好的保溫性能，在考慮到系統的安全性，特別是在失火情況下的安全性，本系統不宜與自重較大的飾面材料配套使用。因此，本系統僅限於當面磚或石材重量不大於 25 kg/m^2 的情況下使用，且所採用的EPS板的密度必須大於 25 kg/m^3 。

1.3.1.10.2 XPS(擠塑式聚苯乙烯泡沫板)保溫裝飾系統

適用於嚴寒及寒冷地區飾面材料為塗料或面磚、石材的外牆保溫工程。分為以下系統：

- XPS(擠塑板)保溫塗料飾面系統

XPS與EPS保溫系統相似，但其具有更高的抗沖擊強度和抗壓強度，更低的吸水率和變形率。防水抗裂抹面膠漿與彈性膩子組成雙層防護，並由耐鹼纖維網格布增強，顯著提高了系統的可靠性。

- XPS(擠塑板)保溫面磚飾面系統

可應用在面磚或石材的外牆保溫工程，高密度的XPS板可以承載面磚等有一定自重的飾面材料。鍍鋅鋼網、錨釘和防水抗裂抹面膠漿構成的防護層有效的提高了系統承載面磚等自重較大的飾面材料的安全性。

1.3.1.10.3 聚苯顆粒保溫膠漿系統

適用於夏熱冬冷、夏熱冬暖或溫和地區飾面材料為塗料或面磚、石材的外牆保溫工程。

- 聚苯顆粒保溫塗料飾面系統

作為外牆保溫工程的塗料，在相同厚度的情況下，本系統的保溫性能略遜色於聚苯板，但其隔熱性能卻明顯優於後者。保溫層直接塗於砌築體或結構體與保溫合二為一，可有效縮短工期。相對於其它保溫材料，本系統的綜合成本是最低的，但其耐久性也比其它保溫系統相對較差，目前已呈現被其它保溫系統逐步替代的趨勢。

- 聚苯顆粒保溫面磚飾面系統

可應用飾面材料為面磚或石材的外牆保溫工程，在相同厚度的情況下，本系

統的保溫性能略遜色於聚苯板，但其隔熱性能卻明顯優於後者。鍍鋅鋼網、自攻螺釘和防水抗裂膠漿構成的防護層有效的提高了系統承載面磚及石材等自重較大的飾面材料的安全性。

1.3.1.10.4 聚苯顆粒保溫膠漿

聚苯顆粒保溫膠漿是針對普通水泥砂漿不宜作為聚苯顆粒的拌和膠漿而專門開發的高強無機材料，不僅具有保溫隔熱功能，還有一定的隔音作用。特點：

- 粘結力強、耐候性好，確保輕質建材永久牢固粘結；
- 柔韌性好，可補償輕質建材與基面之間因膨脹系數的差別而產生的溫差應力，確保永久粘結；
- 具有良好的憎水作用和透氣性，確保基面及飾面的乾爽；
- 無毒、防霉、阻燃。

1.3.1.10.5 界面處理膠漿

界面處理膠漿是針對加氣混凝土等輕質材料、鋼模混凝土光滑基面粘附力較弱而專門開發的高強無機單組份界面粘結增強砂漿，大大增強基面與各類粘結材料的粘結強度，有效防止粘結不牢、空鼓、起殼、剝落等常見弊病的出現，增強外牆保溫系統的穩固性。可替代各類有機膠粘劑，大幅度降低建築成本。特點：

- 粘結力強、耐候性好，確保輕質建材的永久牢固粘結；
- 具有良好的憎水作用和透氣性，確保基面及飾面乾爽；
- 無毒、防霉、阻燃。

1.3.2 門窗節能技術

建築圍護結構的門窗是影響室內熱環境和建築節能的重要因素，建築物向外的門窗亦包括玻璃幕牆等形式的開口，是圍護結構中熱工性能最薄弱的部位。門窗的能耗約佔建築圍護結構總能耗的40%~50%。建築物的外牆開窗一方面是能耗大的構件，另一方面也是得熱構件，即太陽光通過玻璃透射入室內而使室內溫度升高。因此，在節

能設計時，應根據當地的建築氣候條件，功能要求，以及其他圍護部件的情況等因素來選擇適當的門窗材料，窗型和相應的節能技術，從而取得良好的節能效果。

1.3.2.1 窗牆面積比

處於不同熱工分區及不同朝向的建築的適用窗牆面積都不同，澳門位於夏熱冬暖地區，根據節能方面之考量，得到的參考值是：北向外窗的窗牆面積比應為0.45，而東、西向外窗應為0.30，南向外窗應為0.50。同時因應不同的材料選用，節能的效果亦不同。

1.3.2.2 玻璃的性能

合理選用玻璃，在選擇使用節能玻璃時，應根據門窗和幕牆所在位置確定玻璃品種：

- 日照時間長且處於向陽面的玻璃應盡量控制太陽能進入室內，以減少空調負荷，宜採用隔熱玻璃，鍍膜玻璃(包括熱反鍍膜，遮陽型Low-E鍍膜，陽光控制鍍膜等)，隔熱中空玻璃；
- 寒冷地區或背陽面的玻璃應以控制熱傳導為主，常用雙層玻璃，保溫型Low-E玻璃和複合中空玻璃等共同發揮保溫和隔熱效果，窗用薄膜也能提高玻璃的保溫和隔熱效果。

1.3.2.3 保溫玻璃的種類

1.3.2.3.1 中空玻璃(Insulated Glass)

中空玻璃是在兩片玻璃間有一乾燥的空氣層或惰性氣體層，空間的水分被乾燥劑吸收。普通浮法玻璃的傳熱系數為 $5.2\sim 6.0\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，中空玻璃為 $2.5\sim 3.2\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，充氬氣後，可再降低 $0.2\sim 0.3\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。但對於中空玻璃來說，即使玻璃沒有破損，只要玻璃周邊的密封失效，出現內結露現象，中空玻璃性能就會降低。

1.3.2.3.2 真空玻璃(Vacuum Glass)

真空玻璃是在雙層玻璃中間抽成真空，真空層厚度為 $0.1\sim 0.2\text{ mm}$ ，中間沒有微小的支撐物，比中空玻璃有更好的保溫特性。

1.3.2.3.3 鍍膜玻璃(Coated Glass)

鍍膜又分為隔熱膜，熱反射膜和低輻射膜等，鍍膜的目的是通過在玻璃表面鍍上一薄層金屬或金屬氧化物來改變太陽光的透射率。

1.3.2.3.4 隔熱玻璃(Absorbent Glass)

這種玻璃能吸收日光的紅外線，可以將進入室內的太陽熱能減少20%~30%。隔熱玻璃通常有茶色、灰色、藍色、綠色、古銅色等，透過它仍能清晰地觀察室外景物。隔熱玻璃還可顯著減少紫外線的透射，防止紫外線對室內家具、日用器具、檔案資料與書籍等褪色和變質的影響。隔熱玻璃能有效地防止退色，減少輻射，使光線進入到室內後變得柔和，但會吸收輻射並使玻璃本身的溫度升高，而這部分使玻璃變熱的熱量，會通過室內空氣的對流傳遞到室內。

1.3.2.3.5 熱反射玻璃(Heat Reflecting Glass)

這種玻璃對太陽光具有較高的反射能力，反射率可達20%~40%，且有較好的遮光性能，能使室內光線柔和舒適，但對室外容易形成眩光，造成光污染。熱反射鍍膜玻璃是典型的半透明玻璃，具有單向透視特性，白天室外看不見室內，周圍的景物，天空等都被反射到了玻璃上；晚上則是室內看不清室外，室外可以清楚的看到室內燈火輝煌的景色，常用來顯現商業氣氛濃烈的效果。適用於炎熱地區的幕牆，主要用來隔熱和阻擋陽光，同時能夠遮擋結構構件。

1.3.2.3.6 低輻射玻璃(Low-Emission Glass)

玻璃的透過特性與玻璃原料的成分、以及表面的膜層有關。根據玻璃表面膜層的不同，低輻射玻璃可以為冬季Low-E膜、夏季Low-E膜和遮陽Low-E膜。冬季Low-E膜在太陽輻射光譜範圍內都具有較高透過率，白天進入室內的熱量和光線使室內物體升溫，夜晚室內物體發射的遠紅外線90%以上被低輻射玻璃反射回室內，因此冬季Low-E膜適合寒冷地區使用。夏季Low-E膜是把太陽輻射中近紅外中長波部分遮擋，以減少進入室內的熱量；而對短波可見光0.38~0.78 μm 有較高透過率，以保證利用自然光採光。遮陽Low-E膜可以進一步減少可見光的透過率，適合於東西向的幕牆的遮陽和南方建築的玻璃幕牆。

1.3.2.3.7 貼膜玻璃(Membrane Glass)

玻璃貼膜是指用於貼在平板玻璃表面的一種多層的聚酯薄膜，它能改善玻璃的性能和強度，使玻璃具有節能、隔熱、保溫、防爆、防紫外線、美化外觀、遮蔽私密、安全等功能，主要用於汽車和建築物門窗、內部間隔、頂棚等。經過貼膜的玻璃與單獨使用普通平板玻璃、鋼化玻璃、半鋼化玻璃相比，各種性能都得到了很大的提高。

玻璃貼膜可分為兩大類：建築用玻璃膜和汽車用玻璃膜。其中建築用玻璃膜又主要有：建築節能膜、安全膜和裝飾膜。主要品種有：熱反射隔熱膜、高透光磁控濺射膜、低輻射Low-E膜、博物館專用膜、磨砂及半透明裝飾膜、透明安全膜等。

1.3.2.4 玻璃的組合和性能力

各種玻璃也可以組合起來達到更高性能。例如雙層窗傳熱系數可比單層窗降低近1/2，而三層窗傳熱系數比雙層窗又可降低近1/3。下表是中空玻璃的組合配片方式和組合後性能及組合玻璃的性能參數。

表三、中空玻璃的配片方式及功能

玻璃品種	外層玻璃	內層玻璃	功能
普通平板玻璃	可以	可以	保溫、隔聲、防結露
鋼化玻璃	可以	可以	保溫、隔聲、防結露、高強、安全
夾層玻璃	可以	可以	保溫、高隔聲、防結露、安全
隔熱玻璃	可以	不可	保溫、隔聲、防結露、吸收太陽能、裝飾
熱反射玻璃	可以	不可	保溫、隔聲、防結露、吸收太陽能、裝飾
低輻射玻璃	不可	可以	高保溫、隔聲、防結露

表四、幾種不同類型玻璃性能參數

玻璃類型	可見光 透過率(%)	太陽能 透過率(%)	傳熱系數 K [W/(m ² ·K)]	太陽能得 熱系數 SHGC	遮陽系數 SC
6mm普通	89.1	78.4	5.73	0.82	0.95
6+12A+6中空	79.8	44	3.99	0.56	0.64
3+0.1V+3真空	74	62	2.92	0.58	0.7
6(Low-E低透膜)+9A+6	51	33	2.1	0.43	0.49
6(High-E高透膜)+9A+6	58	38	2.4	0.49	0.56
6+6A+PET+6A+6	60	35	0.7	0.40	0.46

備註：

- A：空氣層；V：真空層；Low-E：低透膜；High-E：高透膜；PET：聚對苯二甲酸乙二（醇）酯層
- 太陽能得熱系數(SHGC)：表面特徵的是透過幕牆進入室內的太陽能總量與投射在幕牆外表面的太陽能總量的比值，SHGC越大，表明幕牆的太陽能透過等性越好。
- 遮陽系數(Shading Coefficient)：縮寫為SC，在GB/T 2680中稱為遮蔽系數(縮寫為Se)。是在建築節能設計標準中對玻璃的重要限制指標，指太陽輻射能量透過窗玻璃的量與透過相同面積3mm透明玻璃的量之比。SC用樣品玻璃的太陽能總透射比除以標準3mm白玻璃的太陽能總透射比(GB/T 2680中理論值取0.889，國際標準中取0.87)進行計算， $SC=SHGC \div 0.87$ (或0.889)。遮陽系數越小，阻擋熱量向室內輻射的性能越好。但只有炎熱氣候地區和大窗牆面積比時，低遮陽系數的玻璃才有利於節能；在寒冷地區和小窗牆面積比時，高遮陽系數的玻璃更有利於利用太陽熱量的幫助，以降低採暖能耗而實現節能。

1.3.2.5 絕熱門窗框

優先選用導熱系數小的窗框材料，表五為不同窗框材料導熱系數。在建築領域用的基本是以下三種：木窗，鋁窗和PVC塑鋼窗。這三種也有一些結合，如鋁木複合，鋁塑複合。在目前的工程中比較多的還是鋁合金和PVC塑鋼窗戶。鋁合金導熱系數是PVC的1000多倍，鋁合金普通的窗戶K值做到2.5~2.6是比較不錯的，目前北京對於窗戶新的K值要求是2.8，用普通的中空玻璃配合PVC的窗戶基本能達到要求。

表五、不同窗框材料的導熱系數

不同窗框材料	導熱系數[W/(m·K)]
玻璃	0.76
鋼材	58.2
鋁合金	20.3
PVC	0.16
松木	0.17

在材質和材料應用上面，鋁合金受氣候的影響比較大，特別是沿海地區，都願意用一些非金屬的窗戶，包括木窗和PVC的窗戶。還有一個是舒適度的要求，PVC的窗戶保溫是好於鋁合金的。生態環境方面，鋁合金的生產會造成大量二氧化碳的排放，非常耗能，在這方面PVC也要優於鋁合金。在加工方面，塑鋼窗通過焊接，也能形成一個完整的窗體，是封閉的，跟外界沒有接觸，隔溫、隔熱和防水性能都要優於鋁合金。但塑料窗的一個最主要問題是顏色較為單一，容易變形發黃，框玻比大。

隔熱斷橋鋁合金窗是在傳統鋁合金窗基礎上為了提高門窗保溫性能而推出的改進型，通過增強尼龍隔條將鋁合金型材分為內外兩部分從而阻隔了鋁的熱傳導。隔熱斷橋鋁合金門窗的突出優點是強度高、保溫隔熱性好、剛性好、防火性好、採光面積大、耐大氣腐蝕性好、綜合性能高、使用壽命長、裝飾效果好、外型材可以由不同顏色和表面處理方式的型材組成。

1.3.3 屋面節能技術

屋頂位於建築物的最頂部，直接與外界環境接觸是建築物最上部起覆蓋作用的構件，主要起承重和圍護作用。它首先作為結構承重構件應能承受屋頂本身的自重和風、雪荷載及上人或檢修屋面時的各種荷載的作用，同時對房屋上部其牆體還起水平支撐作用；其次它作為圍護構件應能抵禦風霜雨雪、陰晴冷暖等自然環境變化對房屋內部空間熱環境的不利影響；加上屋頂的形式還影響建築物的整體造型，對建築物起到美化作用。

而屋面受到日光照射時，一般定義反射率大於0.65和熱輻射系數大於0.75的屋面為冷屋面。如果材料表面反射太陽能的能力強，即反射率大，並且還能輻射其吸收

的大部分熱量，即熱輻射系數大，則材料表面溫度低，即屋面表面溫度低，對於溫帶地區的建築物是有利的。有數據顯示，高吸收黑色屋面材料，其表面和周圍溫度之差可高達 50°C ；而高反射淺色屋面材料，該溫差僅為 11.1°C 。因此“冷”屋能減輕空調負荷。屋頂顏色越淺，節能效果越好。深灰色屋面僅反射8%，白色金屬和水泥瓦屋面節能效果最顯著，反射太陽能分別為66%和77%。採用白色屋頂能取得更好的節能效果。“冷”屋面還有如延長屋面使用壽命、保護環境和降低大城市中的熱島效應等優點。

同時屋面節能的原理與牆體節能一樣，通過改善屋面層的熱工性能阻止熱量的傳遞。亦可以達到目的。

於屋面設計的要求：

- 屋面保溫、隔熱及防水要求應參考《屋面工程技術規範》(GB 50345-2004)的規定。
- 屋面保溫層不宜選用相對密度較大、導熱系數較高的保溫材料，以防止屋面重量、厚度過大。
- 層面保溫層不宜選用吸水率較大的保溫材料，以防止屋面濕作業時，保溫層大量吸水，降低保溫效果。如果選用了吸水率較高的保溫材料，屋面上應設置排氣孔以排除保溫層內不易排出的水分。
- 公共建築應嚴格控制屋頂透明部分的面積，透明部分應有遮陽設施。屋頂透明部分的面積不應大於屋頂總面積的20%，當不能滿足時，必須參考《公共建築節能設計標準》(GB 50189-2005)相應的規定進行權衡判斷。

1.3.3.1 種植屋面

利用屋面上種植的植物來阻隔太陽輻射熱是防止房間過熱的一項隔熱措施。其隔熱原理是利用植被莖葉的遮陽作用，可以有效地降低層外的綜合溫度，減少屋面的溫差傳熱量；植物的光合作用消耗太陽能。因此，種植屋面是一種十分有效的隔熱節能屋面，如果植被種類屬於灌木，則更加有利於固化二氧化碳，釋放氧氣，淨化空氣，發揮出良好的生態功效。

另外屋頂在紫外線的照射下，隨著時間的增加，會引起瀝青材料及其他密封材料老化，使屋面壽命縮短，而屋面種植使屋面和大氣隔離開，來屋面內外表面的溫

度波動小，減小了由於溫度劇變而產生裂縫的可能性，阻隔了空氣，使屋面不直接接受太陽的直射，延長了各種密封材料的老化時間，增加了屋面的使用壽命。

1.3.3.2 屋頂綠化

屋頂綠化是指在高出地面以上、周邊不與自然土層相連接的各類建築物、構築物等的頂部以及天台、露台上的綠化。從廣義上講，屋頂綠化指在各類建築物、構築物的屋頂、露台、天台、陽台等人工基質地進行的綠化。

1.3.3.2.1 屋頂綠化的種類及屋頂荷載

簡單式屋頂綠化(Extensive Roof Greening)是指利用低矮灌木或草坪、地被植物進行屋頂綠化，不設置其他園林小品設施。設計考慮非維修人員活動的簡單綠化，建築靜荷載應 $\geq 100\text{kg/m}^2$ (或取規範值中最大者)。

花園式屋頂綠化(Intensive Roof Greening)是指根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木和草坪、地被植物進行屋頂綠化植物配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜綠化，建築靜荷載應 $\geq 250\text{kg/m}^2$ (或取規範值中最大者)。喬木、園亭、花架、山石等較重的物體應設計在建築承重牆柱梁的位置。

1.3.3.2.2 土壤基質

土壤基質的選擇對於屋頂荷載、植物的種植狀況、屋頂的管理等有著重要的影響。選用土壤營養基質總的原則：一要綠色環保，無病蟲害源體；二要輕型；三是不可用田園土直接種植。土壤營養基質厚度要按植物習性決定，反之則會造成植物瘋長衰敗或風颳枯死，如果輕型土壤基質過厚，空隙過大，還容易使整個屋頂草坪被大風捲起，造成環境污染。

1.3.3.2.3 屋頂植被的選擇與灌溉

屋頂綠化的植物材料和平地的植物一樣，具有吸收二氧化碳，釋放氧氣，吸收有毒氣體，吸附塵埃等作用，能調節空氣濕度，使城市空氣清新、潔淨。與地面植物相比，屋頂植物生長位置較高，能在城市空間中多層次地淨化空氣，起到地面植物達不到的效果。屋頂綠化的植物選擇必須從屋頂的環境出發，全面考慮種植條件、種植基質的深度與成分、排水情況、空氣污染等因素。

1.3.3.2.4 屋頂上對於植物生長的有利和不利的因素

有利因素有：

- 和地面相比，屋頂處光照強，光照時間長，可大大促進植物光合作用；
- 晝夜溫差大，有利於植物的營養積累；
- 屋頂上氣流通暢清新，污染明顯減少，受外界影響小，有利於植物的生長和保護。

不利因素有：

- 土溫、氣溫變化較大，對植物生長不利；
- 屋頂風力一般比地面大，土層薄，植物易乾旱、易受凍害和日灼，生態環境比地面差等。

1.3.3.3 遮陽材料

應用的遮陽材料除考慮適用性、美觀外，亦應採用具節能效果的材料：

- 利用輕質混凝土、石棉板制成各種遮陽板和各種遮陽構件；
- 利用織物和膜材制成各種遮陽板和各種遮陽構件；
- 利用木制、竹制、草制的隔扇、格柵、卷簾等來遮陽；
- 利用金屬板、金屬穿孔板、金屬絲網、金屬管來制成各種遮陽構件。目前金屬板用的較多的是鋁制遮陽板，其優點是擁有優越的耐候性，在紫外線、潮濕、高溫和腐蝕等惡劣環境中均能長期使用，不需特別維護。鋁合金材質的可塑性強，百葉的造型和表面處理都很靈活，可以氟碳噴塗成各種顏色。還有不銹鋼管遮陽，有些工程採用不銹鋼管內部成水流管網，用水冷卻，不僅降溫效果好，還可以提供熱水或溫水；
- 利用玻璃本身遮陽，最常見的是彩釉玻璃，通過絲網印刷技術在透明玻璃上印制各種不透明的花紋，以形成彩釉玻璃。彩釉玻璃對陽光有遮擋作用。用於幕牆和採光頂的彩釉玻璃，常常採用更粗大的印刷花紋，例如寬度達100mm以上的條紋。還可以利用有一定遮光效果的玻璃如鍍膜玻璃、光質變

玻璃和光電玻璃等來遮陽，還可以用玻璃制成百葉，玻璃百葉通透性最好，葉片選用透明或磨砂玻璃等不同的材料，可以取得不同的視覺效果；

- 利用太陽能板來進行遮陽。太陽能板的主要優點是，可以與外裝飾材料結合使用，能夠替代傳統的玻璃等幕牆面板材料，集發電、隔音、隔熱、遮陽、安全、裝飾功能於一身。但尚有產品成本、光照穩定度及電力儲存等問題有待突破作廣泛應用。



第二章 照明系統

2.1 介紹

光，為地球帶來光明及能量，是人類不可缺少的；但人類所制造的光，卻給地球帶來一個沉重的電力負擔。人類是群居的生物，而當有人類活動的地方，便需要電燈來照明，亦無可避免地要支付因此而產生的經常性能源開支。

隨著時代的發展，節能產品也向照明系統進行研究及開發。照明系統的建築物能耗優化技術指引是要建立一些標準，以防止過度明亮、過度設計等錯誤做法，更藉此鼓勵設計師可以達到更有效的節能目標，為澳門定下更好的低能耗規定。

2.2 設計考慮

照明主要使用的能源是電力，而在住宅與商業的電力消費中，照明所耗用的電力佔有相當大的比例。由於本澳的經濟急速發展，其電力消費成長率於近年來突然高飛；而夜間活動頻繁，同時段的商業及娛樂場所行為更大幅增加，近年澳門亦出現大量24小時營業的便利商店就是最好的例子。上述的情況，都導致照明用電需求大增。

根據估計，一般商業大樓的照明用電約佔大樓的總用電量30%，雖然空調系統的耗電比率比較高，但照明的用電型態並不具有季節性的差異；總括算來，照明的用電是不可小覷的電力消費問題。換言之，只要在照明耗電方面能著手，就能降低電力的消費量，降低電源開發壓力。

2.2.1 燈光裝置影響的能源損耗因素

照明本身消耗的電力外，使用照明設備所產生熱量亦會增加空調系統的耗電。所以，高效率、低能源消耗、高光效的照明技術的善用，是節約能源的其中一大要素，也是建築物能耗優化的一項重要工作。

2.2.2 電光源性能參數

能源效益是指利用最少的驅動能源，把一件產品或一個系統發揮出最高的效能；照明系統主要可以利用以下兩個參數以制定其效益指數：

- 最低可接受發光效能，是指可以讓我們得到一個方法從眾多的燈具制造商選

取合適的高效能的燈具。發光體所輻射出的光能稱為『光通量』，以『流明』(lm)為量度單位，而『發光效能』是指每消耗1W電功率所發出的光通量，單位為流明/瓦(lm/W)。為在設計時，除了要求的溫色及顯色性的重要性之外，也要配合高效率最低需求的發光效能。

- 照明功率密度，為了更公平地比較不同的照明系統的成本效益，需配合另一種大為採用的電光源性能參數。單位面積上的照明安裝功率(包括光源、鎮流器或變壓器)，單位為瓦/平方米(W/m²)；利用此系數可以評定同樣照度的場所，不同照明系統的成本利益。

2.2.3 節能型電光源

照明節能，首要追尋其主體電光源，而目前國際上常見的節能照明光源大概有以下幾種，但在環保角度考慮下，需注意慳電膽及光管都內含微量水銀，所以在棄置及處理上都要額外小心。

- 緊湊型螢光燈，亦稱為節能燈，是一種高效電光源產品。它與一般的螢光燈的分別在於緊湊型螢光燈把電磁式或電子式的鎮流器與螢光燈管接駁在一起。緊湊型螢光相比白熾燈，其發光效率高約4~6倍，而壽命亦長達10~12倍。由於其光效高、顯色性好、壽命長，是替代白熾燈的理想電光源，再配合電子鎮流器，可達到更好的節能效果。
- 細管徑直管螢光燈，市面上常見的有兩種，為別是T8、T5等型號，而目前以T5管為主要節能照明。T是英文Tube的第一個字母，代表直管，而後面的數字則代表其直管的直徑，以1/8吋為單位，T8的直徑為25.4mm，T5的直徑為15.9mm；新型的T5直管螢光燈的標準功率一般以14、21、28和35瓦為主，比以往所用到的T12、T8管發光效率更高，約100 lm/W，而壽命更長，高達1萬小時以上，再加上電子鎮流器及適合的反光罩的使用，可達到節能的效果。
- 稀土三基色螢光燈，是以稀土離子作為激活離子加入基質晶體，形成稀土螢光粉，代替一般的螢光粉。其耐高强度紫外輻射的特性大量吸收人眼看不見的紫外線，而轉換成可見光，大大提升了發光效率。另外，顯色性、光通維持率、壽命等亦提升到另一個新的水平。
- 高頻無極燈，是結合了高頻電磁感應和螢光燈氣體放電兩個原理的一種新型

光源。由於燈泡內沒有燈絲或電極，所以限制光源壽命的必然元件已經不存在，使其壽命可高達數萬小時以上；另外，無極燈並沒有一般熒光燈的防電電流限制，所以其額定功率可以大大提升。高頻等離子無極放電是集電子技術、光電技術、真空技術於一體的新一代高科技照明光源產品，主要由高頻發生器、功率耦合器和玻璃泡殼三部分組成的節能燈具。

- 發光二極管固體光源，是通過半道體P-N結發光將電能直接轉化為光能的器件。發光二極管發光效率高(高於白熾燈，但低於熒光燈)，隨著不同的工作所需，發光色彩的選用，發光效率大約於12至55 lm/W的範圍內變化，而工作電流大在20mA左右；而使用壽命較長，往往高達過萬小時的工作，所以發光二極管基本上是不用維修。發光二極管一般用於裝飾、信號指示及交通照明等方面，原因是發光二極管不像一般的白熾燈散發光線，而只屬於聚光類光源，比較適用於一些比較特殊的情況；但隨着科技的發展，LED從以往是適合用於特殊照明，而慢慢滲入一般的照明市場，提高其節能的潛力。

表六、各類電燈的發光效率最低可接受值 (1/2)

電燈類別	電燈編碼	電燈的標稱瓦數 {Lw}	最低可容許發光效率 (lm/W)
管式熒光燈 T5	MCF (T5)	$10W \leq \{Lw\} < 14W$	75
		$14W \leq \{Lw\} < 30W$	97
		$\{Lw\} \geq 14W$	97
其他管式熒光燈 T5	MCF	$\{Lw\} < 18W$	65
		$18W \leq \{Lw\} < 40W$	75
		$\{Lw\} \geq 40W$	75
緊湊型節能熒光燈	CFL	$\{Lw\} < 9W$	40
		$9W \leq \{Lw\} < 32W$	55
金屬鹵化物燈	MBI	$\{Lw\} < 500W$	85
		$\{Lw\} \geq 500W$	90
水銀蒸氣燈	MBF	$\{Lw\} < 50W$	40
		$50W \leq \{Lw\} < 250W$	50
		$\{Lw\} \geq 250W$	55

表六、各類電燈的發光效率最低可接受值 (2/2)

電燈類別	電燈編碼	電燈的標稱瓦數 {Lw}	最低可容許發光效率 (lm/W)
低壓鈉蒸氣燈	SOX	{Lw} < 40W	130
		40W ≤ {Lw} < 100W	140
		{Lw} ≥ 100W	160
高壓鈉蒸氣燈	SON	{Lw} < 50W	40
		50W ≤ {Lw} < 125W	82
		125W ≤ {Lw} < 500W	110
		{Lw} ≥ 500W	120
混合蒸氣燈	MBTF	{Lw} < 150W	10
		150W ≤ {Lw} < 300W	20
		{Lw} ≥ 300W	25
鎢絲燈	GLS	{Lw} < 20W	6
		20W ≤ {Lw} < 40W	8
		40W ≤ {Lw} < 60W	10
		60W ≤ {Lw} < 100W	13
		100W ≤ {Lw} < 150W	13
		{Lw} ≥ 150W	14
鎢絲鹵燈	TH	{Lw} < 20W	12
		20W ≤ {Lw} < 100W	15
		100W ≤ {Lw} < 500W	17
		500W ≤ {Lw} < 1000W	19
		{Lw} ≥ 1000W	22

2.2.4 照明功率密度

不同的光源選擇，會直接影響照度，但往往照明功率密度也會被忽視，雖然設計採用了高光效的光源及高效率的燈具，但照度遠遠高於節能的照明功率，所以每個空間的照明功率密度也應訂立一個最高可容許值。

以澳門建築物作為分類及參考鄰近地區數據，大致可以劃分出以下的不同場地作為照明功率密度的參考指標：

表七、不同場所的照明功率密度的參考指標 (1/2)

A. 公共活動空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
A.1	大堂	25
A.2	走廊	12
A.3	廁所/淋浴間	13
A.4	機房/電制房	13
A.5	樓梯	8
A.6	儲物室	11
B. 辦公建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
B.1	辦公室	17
B.2	會議室	17
B.3	文件整理房/影印室房	11
B.4	檔案室	8
C. 酒店旅館建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
C.1	客房	15
C.2	客房走廊	5
C.3	多功能廳	18
C.4	宴會廳	23
D. 學校建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
D.1	課室	17
D.2	走廊	12
D.3	實驗室	17
D.4	多媒體教室	17
D.5	圖書館	17

表七、不同場所的照明功率密度的參考指標 (2/2)

E. 工業建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
E. 1	工作間	11
E.2	精密加工間	17
E. 3	試驗室	11
E. 4	控制室	17
E. 5	倉庫	8

以下是一些會影響照明功率密度的因素:

- 不同燈具種類的使用：為了達到高效率的照明功率密度，良好的光源燈具是必需的；選用一些發光效能較佳的燈具，便可減低所需的功率，發放同等或更明亮的光度。另外之前所提及的光源發熱問題，隨著發光效能的提高，燈具所釋放出來的熱量也相對下降，減低空調系統的負擔。
- 不同照明設備的使用：除了利用一個空間的天花、牆面以及地板的反照來增加燈具的效能，也可利用燈具本身的反光罩來增強其發光效能。利用鏡面的反光罩，只要配合適當的尺寸及彎曲度，便可達到較好的照明效果；另外還有一種納米技術反光罩，可以做很好的光線分佈反光效果。
- 照明的保養問題：縱使有很高效能的燈具，加上良好的反光罩的配合，但當整個照明系統經過一段時期的使用，其光度就會慢慢下降，令原有的節能效果減少，所以相應的照明保養是必需的。每一種燈具也有著其工作壽命，使得燈具的效能越來越低，耗電率亦相對增加，所以為了維持更佳的節能效果，不但需要定期清潔，減少因塵埃等污垢帶來的流明下降，再要配合適當的新燈具或電燈源更換，以保持總個照明系統的質量。

2.2.5 設計參數

在照明系統的設計過程下，會遇到很多上述的照明參數，不論是發光功率還是照明密度，很多不同的考慮因素，以下是一個種類整理：

- 燈具特性
 - 燈具的發光效能
 - 燈具的照明功率密度
 - 視覺上的舒適度
 - 鎮流器的損耗
- 環境因素
 - 空間的大小
 - 空間的用途
 - 室內各表面的反射率
 - 天然光的可用性
- 用戶的要求
 - 要求的顯色性及色溫
 - 要求的亮度
 - 控制方法
 - 用戶使用率

2.2.6 鎮流器

鎮流器分為兩種：電磁鎮流器和電子鎮流器。

電磁鎮流器已經有多年的歷史，採用傳統鋼片線圈組合而成。因為它不容易因環境因素損壞及價格相對電子鎮流器比較低。其缺點是耗能高及功率因數比較少，工作頻率低而導致燈光嚴重閃爍。

電子鎮流器利用電子技術由一個交流直流變換的高頻發生器和高頻電感結合而成的高頻鎮流器。其功率因數可高達95%以上，而能耗比較低，於高頻工作而燈光不會閃爍，發熱量小，相對地亦可以減低空調的負荷。

2.3 技術應用

2.3.1 保持燈具最佳光度

每一種燈具也有它自己的壽命，而它的亮度也會隨着壽命增長而減弱，但所使用的電量卻上升了。所以有效率的燈具保養對於節能是必要的，不但可以減少不必要的能源消耗，更可以達到良好的照明舒適度。

2.3.2 加強照明管理

在照明設計中，每一個不同的場合都會需要平均的照明亮度，但有部分時間是不需要整個地區的照明，如某幾個同事加班，所以如果照明時常保持全區域全開，電能就會浪費。因此設計時應盡多加幾組開關，把一個工作空間劃分為幾個比較少的地區，以增加燈具節能的可變性，而往往於很多地方，照明都是亮着，但卻沒有人在使用。然而可以利用某些自動開關、分組控制紅外線感應器、時間制及聲音感應器等不同的設備以減少不必要的能源消耗。另外，因應不用人的使用率，可以再設置自動/手動模式，以配合不同情況的使用，達到更好的節能效果。

除了設有不同的感應器外，我們也可以按着不同場所不同的每日工作行程，利用一些照明管理系統或樓宇管理系統(Building Management System, BMS)，以制定一套照明的運作行程，防止一些人員的疏忽關燈等的不必要能源消耗。

日光的利用，如果不配合適當的照明控制系統是不能達到良好的節能效果。可調光燈具是一種可用方案，當有相對的日光亮度時，燈具光度便可以下調以減少其能源的使用；如果利用一些自動調節光度燈具，就更可能與日光做到配合的效果。

- 加設照明開關，於一個面積比較大的地方，增設數個開關點，加強該地區的照明靈活性及方便使用者容易接觸開關。
- 加設時間制，更有效率地管理照明的工作時段。
- 加設感應器，在一些人跡更稀少的地區，可以設有感應器，在有人經過才啟動照明。

- 加設調光系統或裝置自動調光燈盤，由於澳門的開窗比較高，如能配使用，便能更完善使用調光系統。

2.3.3 採用高效的螢光燈

看似最方便的方法便是直接把現有的T8管系統更換為T5管系統，以增強光效率及減少電量消耗，但在裝配時往往會發現種種的限制。情況是T8管所需要的燈具是不同於T5管的燈具，加上T5需要其專用的高頻鎮流器，所以必需連同燈具一同更換，而所需的更換費亦因而上升。但實際情況下，我們可以在T5管的兩端各加上一個仿電子鎮器，名為“隨裝隨慳技術”(Plug & Enhance technology, PnE)，便可以直接跟T8管燈具結合。

另一種緊湊型螢光燈絕對能取代一般的白熾燈；除了有著各方面的良好性能外，更有著廣泛的使用層面，不論是筒燈或是泛光燈也可以配合使用，加上普通的螺旋接頭，方便配合白熾燈的更換。雖然如果有調光的需求，緊湊型螢光燈是需特別的調光設備的，但當需要這些比較特別的要求時，可以選擇鹵燈來代替白熾燈。

2.3.4 選用合適的螢光燈具配件

離開簡單的更換工程，如果決定大型翻新，更換燈具反光罩是一個很好的選擇。往往燈光都會因不能集中，而效率就因此下降，所以更換反光罩是一個最方便及廉會的做法。

除了反光罩配合高效率光源可以提升效率以外，適當的遮光設施是需要的。照明除了亮度外，光對人的舒適度也是重點之一。



第三章 空調及通風系統

3.1 介紹

空調及通風系統的能耗於整個建築物能耗中佔很大的比例，因此改善空調及通風系統的能耗效率具有重要意義。本章首先對空調及通風系統中各元件的節能策略分別說明，以用於新建或改建建築物的空調節能設計技術，以達到節約能源的目的；其後說明如何調節空調設備的元件及設定參數，以求達到現有空調設備的能耗改善。

3.2 設計考慮

空調及通風系統的節能技術應用主要可分為風機的節能技術及制冷系統的節能技術兩方面。

3.2.1 制冷系統之節能策略

在空調系統中，制冷系統的用電量約佔整個系統用電量的40%~50%，因此制冷系統的節能策略具有重要意義。選擇適合之冷氣及暖氣系統是節能的第一步。基本上，空調制冷系統可分為以下幾種方式：

- 單機式 (unitary)
- 中央式 (central)
- VRV
- 熱回收系統
- 供暖系統

3.2.1.1 單機式空調系統之節能策略

單機式空調使用壽命較中央式空調系統為短(約10年左右)，同時能源效率較差。但安裝方便，成本低，一般使用於較小型之建築物。

單機式空調系統一般可以分為屋頂式系統、直立式系統、分離式系統、風冷式熱泵(air-source heat pump)和水冷式熱泵(water-loop heat pump)等形式。不管是風冷式

或是水冷式的熱泵都能同時提供冷氣與暖氣。熱泵在冷卻模式運作時與一般冷氣機完全一樣。但是在暖氣模式運作時則與冷卻模式之運作原理恰好相反。熱泵之冷氣效率與一般冷氣機等同，但是暖氣效率在較溫暖地區則較直接用電熱線圈加熱方式為佳，但隨著外界之溫度下降，其暖氣率也直線下降。與風冷式比較，水冷式熱泵之能源效率一般較高。

在節能方面，單機式空調系統需注意以下幾點：

- 根據負荷選擇功率合適之空調機，以免過度設計而浪費；
- 在冬天需使用暖氣的建築物，建議採用冷暖型分體式空調機；
- 在過去十年單機系之能源效率有大幅改善，新型機種可能只使用舊機種一半之電量，在成本許可的情況下，可改用附有高效能環保節能標籤之新型空調機。

3.2.1.2 中央式空調系統之節能策略

3.2.1.2.1 冷水機 (Chiller)

冷水機是中央空調設備中最昂貴的大型設備，且其耗電量約佔總空調耗能之60%，因此冷水機的節能尤其重要。

目前冷水機設計最浪費能源的因素有二：一是「設計過大」，二是「效率低」。空調設備設計過大的原因，部分是因為建築空間用途過於複雜、管路迂迴、空調分區不良、系統效率不良等規劃不良所引起的；一部份是因為對空調負荷預測、系統整合、監控經驗不足，而以過大的安全系數設計來防止設計失誤。

另一主機浪費能源的問題，在於冷水機的低效率問題。許多業主常貪圖便宜的初期投資而採用低效率主機，卻常造成經常電費暴增而因小失大。

3.2.1.2.2 冷水機的类型

冷水機主要有活塞式、螺桿式和離心式三種。離心式冷水機應用於大冷凍容量系統時有較高效率。活塞式冷水機發展歷史最久，相對於螺桿式冷水機效率較高，能量損失少，適合用於小型系統。螺桿式冷水機優點是機器體積小、易損件少、運轉平穩，單級可實現較大壓縮比，對濕壓縮不敏感，適用於中型及大型系統。但螺

桿式冷水機通過滑閥調節制冷量，部分負荷時效率較低。因此，在負荷有較大變化和經常在部分負荷下工作的制冷系統，不宜選用螺桿式冷水機。

3.2.1.2.3 適當之冷水機組合

無論何種冷水機，在部分負荷下的效率都比較低，尤其是螺桿式冷水機。為實現節能，必須使冷水機在滿載條件下工作。對於負荷有很大變化的制冷系統，應根據負荷變化的特點，選用兩台或多台冷水機，於部分負荷時關閉一台或多台冷水機，以求各機組在效率高的全負荷或接近全負荷區域工作。

冷水機的容量應與負荷相匹配，避免使用過大的冷水機，而導致冷水機在效率低的部分負荷下運作，或是在比設計蒸發溫度低的狀況下工作，這兩種情況都會引起不必要的能量損耗。

3.2.1.2.4 冷水機節能控制

一般建築物的空調負荷受外界氣溫和室內使用情況等因素影響，空調負荷是隨時間而變化的，為了減少空調系統中冷水機組的能耗，必須使用自動控制系統配合冷水機組內之能量調節裝置去調節能量負荷。

冷水機組實施自動控制，就能根據負荷需要及時開機或停機，減少能耗。另一方面，控制系統可根據實際負荷變化，將冷水機組部分卸載或加載，使冷水機組的制冷量較接近負荷，既可合理使用機器，又可減少耗電。

如果冷水機沒有能量調節裝置，機組只能以頻繁開、停機的形式去調節負荷，使得蒸發壓力和蒸發溫度波動增大，制冷對象的溫度與給定值偏差增大，降低調節質量。能量調節裝置不僅可根據空調負荷自動增減冷水機組運行台數，也可以增減機組投入運行的氣缸數，既避免了冷水機過載，又可節約啟動能耗。

3.2.1.2.5 冷媒的選擇

冷媒的循環效率亦會影響節能的效果。螺桿式冷水機常用的冷媒為R22及R717。由於R22的流動阻力損失較大，密度較大，熱交換性能較差，使得R22的冷水機耗電較多。離心式主機中，使用R11比使用R12為冷媒所消耗的功率少。

如果現有之冷水機已經十分陳舊，建議改裝使用非CFC冷媒之新式冷水機。新

式冷媒不僅較為環保，而且新型冷水機可較舊型節約15%~50%之電力。如果現有之冷水機僅有不足十年之使用時間，則可以考慮用非CFC冷媒加以翻修，例如採用HCFC-123來替代R11或HFC-134a來替代R12。

3.2.1.2.6 改善冷水輸送系統

用以輸送冷凍水的水泵，耗能的原因主要在於設計過大。如要改善現在水泵系統的能源效率，首先需檢討系統中的水泵是否設計過大，根據系統的水流量選擇適當大小之水泵馬達，改用較具能源效率之馬達或替換過大之泵葉片。亦可於水泵上加裝變速裝置，變速馬達裝置可確保系統在部分負荷時，水泵之運作具有較大能源效率。

如果情況許可，可針對系統規劃作全面改造，把單迴路冷凍水輸送系統改為雙迴路系統。一般單迴路系統中，由於冷水機組的限制，使得流經蒸發器之最低冷水流量不能過低，否則會使蒸發器的盤管內結冰，其最低冷水流量約為最大負載流量之70%，因此必須使用較大之水泵。如果將單迴路系統改裝為雙迴路系統，在經常保持運轉之主迴路上可使用容量較小之水泵，於次級迴路上配合變頻式水泵以滿足負載之變化需求，即能改善系統之能源效率。

3.2.1.2.7 在冷卻水塔上改裝變頻式馬達風扇

在冷卻水塔上或冷卻風扇上改裝變頻式馬達來改善能源效率。由於風扇轉速的三次方與其耗電量成正比，利用變頻式馬達風扇於空調部分負荷時降低風扇轉速，只要轉速下降20%，風扇即可節省接近50%的電力，節能效果顯著。但如果風扇轉速過低，致使冷卻水溫度過高而使得冷水機的效率降低，則冷卻水塔所節省的能源並不能抵消冷水機增加的耗電，反而使整體耗電量升高，所以冷卻水塔的風扇轉速必須配合冷水機的性能曲線作調整。

3.2.1.2.8 蓄冷空調

所謂蓄冷空調，即在電網低谷負荷時，利用制冷設備將冷量以冷凍水、冰或凝固相變材料的方式儲存起來，在空調高峰時段（亦即電網高峰時段），利用儲存的冷量向空調系統供冷，從而減少空調制冷設備容量、降低系統運行費用，也有利於電網平衡。採用蓄冷系統，有兩種負荷管理策略可考慮，分別為「全部蓄能」及「部分蓄能」。

如果電費價格在不同時段裡有差別時，可將全部負荷轉移到廉價電費的時間裡運行。可選用一台能儲存足夠能量的冷水機組，將整個負荷轉移到高峰以

外的時間，稱為「全部蓄能」。建議於改建工程中利用此種蓄冷系統，只需於原有的空調系統外加設蓄冷設備和有關的輔助裝置，但需注意原有冷水機是否適用於冰蓄冷系統。這種方式也適用於需要瞬時大量釋冷的建築物，如體育館，商場等。

「部分蓄能」系統則較適用於新建的建築物。此種負荷均衡方法中，冷水機組連續運行，於夜間用來制冷蓄存，白天高峰時段以儲存的制冷量輔助制冷系統。將主機運行時數擴展至24小時，可得到最低的平均負荷，耗電量大大減少。而空調系統於高峰時段有由夜間儲存的冷能輔助，冰水機組等制冷設備的容量也可以減少50%~60%或者更多。

蓄冷空調系統從該系統本身的運行角度上雖並不節能，也不經濟；但從全社會角度上看，由於利用了電網低谷負荷，能使整體電網的負荷減少。

3.2.1.3 VRV空調系統

VRV空調系統是在電力空調系統中，通過控制壓縮機的冷媒迴圈量和進入室內熱交換器的冷媒流量，適時地滿足室內冷熱負荷要求的高效率冷劑空調系統。現時VRV空調系統普遍採用變頻壓縮機和電子膨脹閥。其工作原理是：由控制系統採集室內舒適性參數、室外環境參數和制冷系統運行狀況的參數，根據系統運行的優化和人體舒適性，通過變頻等手段調節壓縮機輸氣量，並控制空調系統的風扇、電子膨脹閥等一切可控制部件，保證室內環境的舒適性，並使空調系統在最佳工作狀態下穩定工作。

變頻VRV空調系統的相對於定速系統具有明顯的節能、舒適效果：

- VRV空調系統依據室內負荷，在不同轉速下連續運行，減少了因壓縮機頻繁啟停造成的能量損失；在製冷/製熱情況下，能效比（COP）隨頻率的降低而升高，由於壓縮機長時間工作在低頻區域，故系統的季節能效比相對於傳統空調系統大大提高；採用壓縮機低頻啟動，降低了啟動電流，電氣設備將大大節能，同時避免了對其他用電設備和電網的衝擊。
- VRV空調系統具有能調節容量的特性，在系統初開機時室溫與設定溫度相差很大，利用壓縮機高頻運行的方式，使室溫快速地到達設定值，縮短室內不舒適的時間；系統調節容量使室溫波動很小，改善了室內的舒適性；極少出現傳統空調系統在啟停壓縮機時所產生的振動雜訊，且室內機風扇電機普遍採用直流無刷電機驅動，速度切換平滑，降低了室內機的雜訊。

- 由於VRV空調系統比冷水機組的蒸發溫度高三℃左右，其COP值約提高10%；結構緊湊，體積小，管徑細，不需要設置水系統和水質管理設備，故不需要專門的設備間和管道層，可較大幅度地降低建築物造價，提高建築面積的利用率；室內機的多元化，可實現各個房間或區域的獨立控制；而且熱回收VRV空調系統，能在冬季和過渡季節，向需要同時供冷和供熱的建築物提供冷、熱源，將製冷系統的冷凝負荷和蒸發負荷同時利用，大大提高能源利用效率。

3.2.1.4 熱回收技術

從低溫物體轉移到高溫物體中的熱量可以是各種低位能源或建築物內的各種餘熱量，使這些熱量以有效利用的方法稱為熱回收。由熱泵來實現熱量的轉移，稱為間接熱回收法；從空調系統排風中通過熱交換器來回收熱量的方法，稱為直接熱回收法。

在建築物空調負荷中，新風負荷佔的比例很大。國外的空調系統新風負荷一般佔總負荷的20%~30%，因此，利用熱交換器回收排風中的能量，節約新風負荷是空調系節能的一項有力措施。如果在排風中設置熱交換器(例如轉輪式全熱交換器)，則最多可節約70%~80%的新風耗能量，相當於節約10%~20%的空調負荷。

從排風中直接回收熱量的裝置有轉輪式、板翅式、熱管式和熱回收迴路式四種，下表是這些裝置的性能比較。

表八、從排風直接回收熱量裝置的性能比較（註:1mm H₂O=9.80665Pa）

性能	轉輪式 熱交換器	板翅式熱交換器		熱管式 熱交換器	盤管熱環式 熱交換器
		全熱交換式	顯熱交換式		
風量範圍 (m ³ /min)	9.3~1493	3.3~133	25~216	25~600	25~600
適用溫度	耐燃紙 50°C以下	50°C以下	鋁 120°C以下	-40~500°C	80°C以下
	金屬 200°C以下		不銹鋼 800°C以下		
風速2.5m/s時的 阻力損失 /mm H ₂ O	約15	約35	約15	約20	約20
最大效率/%	65~85	62~67	60~90	50~60	40~50

3.2.1.4.1 轉輪式熱交換器

轉輪式熱交換器主要由轉輪、驅動馬達、機殼和制熱/冷部分所組成。轉輪中央有分隔板，將轉輪迎風面隔成排風側和新風側。排風和送風氣流逆向流動。轉輪以8~10r/min的速度緩緩旋轉，把排風中的熱量(或冷量)蓄存起來，然後再傳給送風。如轉輪是吸濕材料組成，則不僅能回收濕熱，也回收潛熱，稱全熱交換器。

3.2.1.4.2 板翅式熱交換器

板翅式熱交換器是一種靜止式的全熱交換器。熱交換器的本體是用特殊加工的紙(耐燃紙)或鋁箔(一般為顯熱交器)等做成板翅狀，然後交錯放置而成。送風和排風通路，用隔板完全分開，因而送、排不相互混淆。

兩股氣流交叉流過，隔板是由經過處理、具有較好傳熱透濕特性的材料構成，當隔板兩側氣流存在溫差和水蒸氣分壓力差時，兩股氣流之間就出現了全熱交換，所以它是一種透過型的熱交換器。當這兩種熱交換器採用不含吸濕作用的材料(只有傳熱，沒有傳濕能力)制作時，就構成空氣—空氣濕熱交換器。

3.2.1.4.3 熱管式熱交換器

熱管式熱交換器是一種回收顯熱量(或顯冷量)的空氣—空氣能量回收裝置。其外形與普通的空氣換熱器很相似，但是有兩個主要的本質區別：其一，熱管換熱器的每一根管子是一個獨立的傳熱元件熱管；其二，熱管換熱器中有分隔板使每根管子同一時處於兩個氣流通路中，流經熱管換熱器的一側空氣被加熱而另一側空氣被冷卻。因此，熱管換熱器可以被用來回收空氣中的能量。

3.2.1.4.4 熱回收回路

熱回收回路是在新風和排風側設置熱交換器，它們之間採用中間熱媒(水或防凍液)不斷地將排風中的熱能轉移到新風中去。夏季使新風預冷，冬季使新風預熱，從而達到熱回收的目的。

3.2.1.5 供暖系統之節能策略

整個供暖系統由鍋爐，儲水箱，供水網及控制器等設備所組成。其中鍋爐的熱

效率是決定整個系統效益的最重要部份。鍋爐主要採用燃煤、燃氣(天然氣及石油氣)、燃油或用電，為了減低熱水儲存及輸送時的熱流失，同時亦需要對儲水箱及供水管道進行保溫。以下部份將提供設計生活熱水及供暖熱水供應系統的指引，藉此優化系統的耗能。

由於鍋爐的熱效率影響整個供暖系統的能源效益，因此選擇鍋爐時必需符合下表熱效率的最低要求。

使用不同燃料鍋爐的熱效率

天然氣	80%
石油氣	81%
燃油	82%

在選擇鍋爐功率時，一般預留額外的功率以應付額外的熱水使用量需求。為使鍋爐在較優的熱效率下運行，一般情況下所選鍋爐的最大功率不應大於實際使用功率的20%。

為了防止管道及儲水箱的熱流失，應對所有熱水管道及儲水箱加裝保溫層，保溫層厚度可根據BS 5422: 2001標準。

由於供暖熱水用量隨每天不同的時間而變，故可根據實際情況優化鍋爐系統的開啟及關閉時間，減低鍋爐的實際運行時數。

適當的維修保養可使鍋爐在最佳的熱效率下運行，因此可使用儀錶監測鍋爐系統的運行及事故狀況，以便進行有效的維修保養。

室內供暖所需的熱量隨室外環境溫度而變化，若室外溫度寒冷，室內供暖熱量會比較大，相反若室外溫度比較暖，室內供暖熱量亦比較小。因此可根據室外天氣條件，對鍋爐出水溫度進行相對調整，來節約能源。

當建築面積比較大時，為符合供暖的彈性需要及避免不必要浪費，可把建築物分割為不同的供暖區域，並按每個區域的需要，設定時間及溫度控制。同時可使用室內恆溫器、感應器或建築物自動管理系統(Building Management System)來調控鍋爐系統的供熱量及空間供暖的時間控制。

當所需的供暖熱水用量比較大時，為提高系統在低負載運行時的效率，可使用備有高/低負載運行設置的鍋爐，或使用多個鍋爐組合運行。

3.2.2 風機之節能策略

風機是指空調系統內負責把經過處理的空氣運送到房間中的機組。調節建築物內通風系統之運作達到最佳狀態，不僅可達到節能之目的，且能節省相關能源成本，並且減少來自系統大小規劃不當所造成之風扇噪音。

3.2.2.1 建築物之通風量最低要求標準

建築物之通風量為空調空氣系統的主要設計要求，對空調空氣系統之耗能影響甚大。過大之通風量，不僅使風扇設計過大，同時亦會加重冷氣系統之負荷。在設計階段應針對不同區域之用途及使用人數，設定合適之新風量及換氣量，以避免風扇之容量過大，對於現有系統，可利用調風閥調整風量，或利用變頻式風扇減少耗電。美國冷凍空調學會(ASHRAE)提出不同用途房間之新風量及換氣量之設計準則(ASHRAE standard 62)，此文件中根據房間之用途或使用者的密度及人數建議合適之新風量及換氣量，以作參考。

3.2.2.2 變風量系統

空氣調節系統依據其作用方式可分為定風量系統(CAV, Constant Air Volume)與變風量系統(VAV, Variable Air Volume)等兩種。當室內餘熱發生變化而又需要使室內溫度保持不變時，可將送風量固定而改變送風溫度，稱為定風量系統；亦可固定送風溫度而改變送風量，稱為變風量系統。

定風量系統中，由於送到各房間(或區域)的風量是按各房間之最大負荷求得的風量，且送風溫度固定，出現部分負荷時，會發生過冷現象。加上為了維持房間的濕度要求，必須對經過冷卻除濕處理過的空氣進行再熱處理，或混合不同體積冷熱空氣，造成能源的浪費。

變風量系統中，可依據不同區域溫度要求來調節送風量，來滿足負荷變化的需求，配合變頻式風扇，在不需要高速送風時，降低風扇轉速，能源效率較高。變風量系統有以下特點：

- 由於變風量系統的末端裝置可根據負荷變化和使用者的要求自動調節送風量，

使得整個空調系統可以隨空調負荷變化改變總送風量，特別是在部分負荷運作時可減少整個系統的負荷總量，從而使設備規格減小，初投資和運行費都可以減少；

- 配以合理的自動控制，空調制冷機組也可只按實際負荷需要運行，降低能耗和運行費用；
- 可以實現單個區域的溫度自控，各區域可獨立選擇需要的室內溫度；
- 和定風量系統相比，變風量系統對室內相對濕度的控制較差，但對於一般民用建築物來說，變風量系統對濕度的控制已足可滿足要求；
- 由於增加了系統靜壓、室內最大風量和最小風量、室外鮮風量等的控制元件，設備的造價會有所提高，但如前所述，由於系統總負荷可以減少，整體成本不一定增加。

3.2.2.3 改善風扇功率

可用下列方式來評估風扇的功率是否過大：對於定風量系統，可測量系統最大負荷下之靜壓值，若超過設計值則表示風扇功率過大。對於變風量系統，可先測量最大冷卻負荷(潮濕炎熱之夏天)時之風扇馬達電流，低於馬達標示全載電流之75%或是風扇控制閥之關閉度大於20%時，表示風扇功率過大。如風扇功率過大可更新風扇，使用變頻式風扇，依據負荷調整轉速，如因經濟考慮而不能更換風扇，可採用較大尺寸之傳動帶系統，以減少馬達轉速，亦能有一定程度的節能效果。

3.2.2.4 改善通風系統的控制時程

空調系統可依據不同季節調整啟動及關閉之時間，如春秋季節較夏季延後開啟空調系統。對於變風量系統，可依據室內區域之使用程度來改變送風速率。另外亦可適時增加引進外界空氣來減少暖氣及冷氣之負荷。

3.3 調整現有空調設備效率

以上是空調設計的節能策略，對舊有空調設備調整使用參數，使其能在最佳狀況下運行，雖是一項簡單之工作，但卻能夠達成5~15%之能源效率改善績效。

3.3.1 測試、調整及平衡

對空調及通風系統進行效率評估，調整系統中空氣與水之流量以平衡系統運作，使空氣及水流量成比例分配以與使用區域之能量負載平衡。需要檢討之系統參數包括：系統空氣流量、空調系統水流量、冷暖氣輸送系統之溫度，控制閥之位置與功能、開關控制之設定值、風扇與水泵之運轉速度與壓力等等。

3.3.2 開關控制

建築物內事先設定之溫度控制器、偵測器及自動調溫器在使用一段時間後，常因用家自行調整或其他機械因素而偏離其設定值，因此需要調整以回復其最佳設定值。調整工作包括以下各項：

- 依據設備規格對所有偵測器及溫度、壓力控制器進行校正，以回復其原先之設定值；
- 確定所有調節閥或控制閥皆正常運作；
- 檢討建築物各區域之使用情況與設定開關時程，並依據實際使用情況作調整。

3.3.3 熱交換設備

清潔空調系統之熱交換管線，以免灰塵積垢影響熱交換效率，此外亦應定期檢查、清潔或更換各種濾網及過濾器。同時要維持所有出風口暢通無阻。



第四章 電力系統

4.1 介紹

電力在現今社會中，不論是大企業還是住宅，一種十分普遍及重要的能源。但不適當的電力系統設計或電力系統的質量控制，往往會造成電力大量的不必要消耗及供電的不穩定；通過制定電力系統的建築物能耗優化技術指引，以改善整個電力系統，變得更有效率、更穩定及減少電力的消耗。

4.2 設計考慮

4.2.1 低壓配電

澳門普遍的商業樓宇或住宅等建築物主要是以低壓配電，低壓主配電房一般都會設於地面層，靠近於街道的位置，或設於靠近變壓房的位置。然而整座建築物連接至各大型用電設備的主電纜及上升線便從設置在內的主配電櫃提供。因此，設置在天台的大型用電機組亦會因與配電房的距離有所影響，距離越長，相應供電增加，增大損耗。因此選擇合適的設備房的位置，為首要在低壓配電中減少不必要的能耗。

4.2.2 主供電線路

電流經過導體傳輸都會產生熱量，這也是造成耗損的原因之一，如果熱量繼續提升超過一定的安全界限，將會造成系統效能及安全的負擔。

耗損相對於傳輸距離成一個正比關係，所以總配電房不宜離變壓房太遠，最適合設於毗鄰，盡量減少能耗。跟據IEC的供電系統指引，一般20m為最大的連接距離。

設計者應確保有足夠的預防措施，並在設計主要線路上採取平衡負載和減少諧波的考慮。由於建築內有大量的非線性設備，三相諧波電流將會出現於中線上，所以中性導體的截面積及其有效載流量額定值不應小於其他相導體。

所以可以結論，為減少主線路上的能損，主電制房設於最靠近變壓房是其中一個方法，另外可以設定一個銅損的最高值，再配合中線的截面積要與三相線路相同。

除了主電路，以下還有幾組也需要特別關注的線路：由總低壓配電箱分出，以供應各主要用電措施，該電路名為饋電路；次電路為一般供應次配電箱及上升用電路；最終電路，亦是最常見的電路，是指一般由配電箱至插座、照明等所有用電設備之間的線路。

表九、多芯有裝甲及無裝甲電纜(銅導體)，在50Hz單相或三相交流電的導體電阻:

導體截面面積 (mm ²)	聚氯乙炔及交聯聚乙炔電纜的導體電阻 以每米/毫歐姆計算(mΩ/m)	
	最高導體操作溫度 70°C下的聚氯乙炔電纜	最高導體操作溫度 90°C下的聚氯乙炔電纜
1.5	14.5	15.5
2.5	9	9.5
4	5.5	6
6	3.65	3.95
10	2.2	2.35
16	1.4	1.45
25	0.875	0.925
35	0.625	0.675
50	0.465	0.495
70	0.315	0.335
95	0.235	0.25
120	0.19	0.2
150	0.15	0.16
185	0.125	0.13
240	0.095	0.1
300	0.0775	0.08
400	0.0575	0.065

表十、無裝甲、有或無護套的單芯聚氯乙烯/交聯聚乙烯電纜(銅導體)在50Hz單相或三相交流電的導體電阻:

導體截面面積 (mm ²)	聚氯乙烯及交聯聚乙烯電纜的導體電阻 以每米/毫歐姆計算(mΩ/m)			
	最高導體操作溫度 70°C下的聚氯乙烯電纜		最高導體操作溫度 90°C下的聚氯乙烯電纜	
	藏於導管/線 槽內	直接夾放或放在 線架上，彼此緊貼	藏於導管/線 槽內	直接夾放或放在 線架上，彼此緊貼
1.5	14.5	14.5	15.5	15.5
2.5	9	9	9.5	9.5
4	5.5	5.5	6	6
6	3.65	3.65	3.95	3.95
10	2.2	2.2	2.35	2.35
16	1.4	1.4	1.45	1.45
25	0.9	0.875	0.925	0.925
35	0.65	0.625	0.675	0.675
50	0.475	0.465	0.5	0.495
70	0.325	0.315	0.35	0.34
95	0.245	0.235	0.255	0.245
120	0.195	0.185	0.205	0.195
150	0.155	0.15	0.165	0.16
185	0.125	0.12	0.135	0.13
240	0.0975	0.0925	0.105	0.1
300	0.08	0.075	0.0875	0.08
400	0.065	0.06	0.07	0.065
500	0.055	0.049	0.06	0.0525
630	0.047	0.0405	0.05	0.043
800	-	0.034	-	0.036
1000	-	0.0295	-	0.0315

4.3 技術應用

4.3.1 建築物配電的能源效益

4.3.1.1 綫路損耗的改善措施

於上述提及電流在傳送及分配過程中會造成損耗，分別是功率損耗和電能損耗。而損耗的電能佔輸入電能的百分比稱為綫損率。

損耗的大小亦與電流成正比，所以在不變的負荷功率情況下，籍著提高電網的電壓，隨而減少流通電網元件的電流，相應地減低功率的損耗。

在交流電路中，由電源供給負載的電功率有兩種，分別是有功功率，而另一種是無功功率。而流經供電線路的電流亦分為有功電流分量及無功電流分量。所以有效的功率因數提升可以減低其線路功率損耗。

上述已指出電流越大，線損亦越高；但另一方面，在整體的用電觀點上，電負荷的波動幅度較大，將影響供電設備的效率，更使綫路功率損耗增加。加強用電的管理，保持電負荷的平穩性，是達到節約用電的途徑之一。另外，在企業供電系統中，低壓線路較多，負荷電流較大，線路損耗也不能忽視。

4.3.1.2 變壓器損耗的改善措施

其中一個重要措施是功率因數的改善，從而減低無功功率，提高用電能力。在負荷電流不變的條件下，無功功率的下降代表總電流也減少，而線損也隨之減低。

除了改善功率因數，對於選擇合理經濟運行方式的最佳負載系數，是提高變壓器的運行效率降低變壓器的功率損耗等關係甚大。設備方面一般包括燈具照明，即所有組成建築物電力裝置部分的照明系統；另外對空調方面，所以有空調設備及機組，任何空調裝置電動機控制中心或輸出功率為5 kW或以上的電動機，可安裝相關的功率因數補償或諧波過濾器等，以確保其功率因數合乎節能的要求，繼而套用於升降機及自動梯裝置等縱向運輸設備。

4.3.1.3 電動機

在任何工程的安裝過程中，電動機是常常使用的電力設備之一。電動機一般分

為直流和交流使用電源，繼而轉換成機械能。而電動機的損耗一般包括變異的負載及因電阻所產生的熱力耗損。

隨著技術的發展，一些高效能電動機也逐漸出現。高效能電動機盡量把所有損耗減至最低，包括不同部分的電阻損耗、銅損、鐵損及一些機械損耗等，繼而散熱扇也可以減少，達到更節能的效果。

一般在設計過程中，電動機往往以一個超過需求的容量作為標準，因為一些不穩定因數、將來的擴展等的考慮。電動機在非全載運行時，效率會慢慢下降，而當其負載率低至50%時，效率會急速下降，所以電動機的大小不應超過預計系統太高。

電動機過高大亦是由於系統上一般按照最不利及最大負載的情況下設計，所以往往造成上述的問題。但如果可以利用可變速驅動器，根據實際需求而進行調整，大大做到節約能源的效果。變頻器一般可以於水泵及空調系中找到，其原理是利用交流電轉換成直流電，繼而調節成可變頻率及振幅的交流電壓，從而達到可變電壓和頻率的供電效果。

4.3.2 電力裝置質量

4.3.2.1 功率因數

因為預留空間問題，供電系統的總量比實際使用電能的運行容量為大。一般來說，任何供電系統的總功率因數均不應低於0.85，但如果功率因數低，過大的無功功率會佔據電網能提供的最大有功功率總量。這樣不僅浪費了電力設施的供電能力，更減少了電網的預留容量，影響電網的安全性。所以相應的功率補償器應安裝以保持整個系統的質量及效率。

4.3.2.2 優化諧波

變壓器過熱、中線過載、供電電壓波形失真和供電效率降低等的問題將會導致供電系統中諧波的出現，繼而導致系統效率降低。不同階次的諧波電壓和諧波電流之間，最典型的就是在足夠大的電網下認為電網供電電壓不足以畸變而保持正弦，它同各次諧波電流之間不構成有功功率而消耗，卻構成第二類無功一畸變無功，造成系統的功率因數下降。這也是在非正弦情況下，電力品質更加惡化的重要原因之一。諧波亦同時產生線路噪音，為電磁兼容帶來一系列問題。所以增加相應的諧波

銷滅裝置，來規限非線性負載所產生的諧波。

4.3.2.3 三相平衡

沖擊負載的存在往往會造成三相供電系統的不平衡，造成中性點位移，最終造成三相中各相相電壓不等，使連接的用電設備因過高或缺電壓而損壞。所以當如果使用三相的供電方式時，其單相的負載應該盡可能平均分布於各相位上，以盡量做到三相平衡。



第五章

升降機及自動梯系統

5.1 介紹

升降機及自動梯設備是現代社會重要的交通工具，具有方便、快捷、安全、可靠的特點。但這些裝置在運行過程中需消耗大量能源。如在升降機及自動梯的應用方面採取適當的節能措施，便可節省大量能源。

升降機及自動梯設備主要有以下幾種：有機房載客升降機、無機房載客升降機、觀光升降機、液壓升降機、載貨升降機、自動扶手電梯、自動人行道等。

5.1.1 有機房載客升降機

有機房載客升降機即傳統曳引式升降機，鋼纜連接平衡錘和轎廂，並包在曳引機上，曳引機帶動鋼纜控制升降，運作方式簡單直接。

- 曳引機連同其它升降機機器，一般裝在一個獨立的機房。由於曳引機在上方時施力最直接，效率高，因此普通升降機均把機房設在頂部。
- 現時有機房電梯一般都採用微機控制和調頻、調壓、調速(ACVVVF)技術，其特點如下：
 - 可靠性較高：採用微機控制，實現了無觸點控制，簡化了井道資訊系統，保證了電梯的高精度、高可靠性、低故障率。
 - 運行平穩，乘坐舒適。
 - 快速節能，與舊式交流變調電梯、直流電梯相比，能節約能源約30%-40%，對建築物所需配備的電源設備功率減小約20%。
 - 數字式選層，平層準確度較高。
 - ACVVVF技術穩定成熟，維修簡便。
 - 常用有機房載客升降機主要技術參數：
 - 載客人數：6-20人
 - 額定載重量：450-1350公斤
 - 運行速度：0.75-2.5米/秒

5.1.2 無機房升降機

傳統的載客升降機都是有機房的，主機、控制屏等放置在機房。隨著技術的進步，曳引機和電器元件的小型化，人們對升降機機房越來越不感興趣。無機房升降機是相對於有機房升降機而言的，也就是說，省去了機房，將原機房內的控制屏、曳引機、限速器等移往井道等處，或用其他技術取代。由於無機房升降機不佔用除井道以外的空間，降低建築商成本，近年來無機房升降機的使用範圍越來越廣。

無機房升降機具有如下特點：

- 曳引機安裝在頂層電梯井道內，不需佔用其他建築面積作為機房；
- 電源控制櫃設置在樓房頂層，便於維修；
- 運行速度多為1-1.5米/秒。

5.1.3 觀光升降機

觀光升降機與一般的載客升降機基本相同，特點是具有透明轎廂壁，供乘客觀光之用，一般在觀光塔、酒店、大型商場中使用比較多。根據建築的特點，觀光的形式和安裝方法也各不相同。

- 觀光升降機的曳引方式主要為：有機房和無機房；
- 觀光升降機的轎箱類型主要為：1/4圓形觀光、半圓行觀光、360度全圓形觀光、菱形觀光、扇形觀光、單面觀光和雙面觀光等；
- 觀光升降機的基本技術參數：
 - 載客人數：6-24人
 - 載客重量：450-1600公斤
 - 運行速度：1-2.5米/秒

5.1.4 液壓升降機

液壓升降機的提升動力是靠電力驅動的油泵產生，通過液壓流體直接作用在啟動油缸上或間接作用到升降機的轎箱上。液壓升降機的優點是機房可設置在任何位

置（當然不能離開轎箱太遠），而且佔地較少，機械亦較為簡單；一般使用亦較少機會發生問題。液壓升降機與曳引電梯一樣，其產品也在不斷的改進提高，現多用全集成化電子電路和微機控制的液壓控制系統。但由於耗電較多，速度低的缺點，秒速一般不高於1米，以及使用時會發出高熱及產生噪音，已漸漸被無機房升降機所取代。

液壓升降機特點：

- 直頂式液壓升降機

- a. 油缸柱塞和轎箱的移動比為1：1，因此需設垂直井道的升降機地井；
- b. 轎箱的總荷載都加在升降機地井底部；
- c. 不需要設置緊急制動裝置；
- d. 不需要設置限速器。

- 間接式液壓升降機

- a. 油缸柱塞和轎箱的移動比為2：1，不需要升降機地井；
- b. 採用鋼絲繩或鏈條間接移動轎箱，因此應具備緊急制動裝置；
- c. 頂升是在轎箱側面，所以井道的空間比直頂式要大一些。

- 液壓升降機機房的要求

- a. 機房不一定與井道相連，但必須是升降機專用；
- b. 機房應使用防火材料，具有耐火性；
- c. 機房應有隔音和吸音處理；
- d. 機房應考慮通風換氣。

5.1.5 載貨電梯

載貨電梯的控制方式和類型與載客電梯基本相同，其不同之處主要為：

- 轎箱裝飾比較簡單，以避免運貨時被損壞；

- 貨運升降機一般比載客升降機大和載重較多，由2000至5000公斤不等；
- 運行速度比較慢。

5.1.6 自動扶手電梯及自動人行道

自動扶手電梯是一種以運輸帶方式運送行人的運輸工具。自動扶手電梯一般是斜置的，行人在扶梯的一端站上自動行走的梯級，便會自動被帶到扶梯的另一端，途中梯級會一路保持水平。扶梯在兩旁設有跟梯級同步移動的扶手，供使用者扶握。自動扶手電梯可以是永遠向一個方向行走，但多數都可以根據時間、人流等需要，由管理人員控制行走方向。另一種和自動扶手電梯十分類似的行人運輸工具，是自動人行道。兩者的分別主要是自動行人道是沒有梯級的；多數只會在平地上行走，或是稍微傾斜。

- 自動扶手電梯分類：
 - a. 鏈條式自動扶梯（或稱端部驅動式），以鏈條為曳引構件、驅動裝置置於自動扶梯頭部的自動扶梯。
 - b. 齒條式自動扶梯（或稱中間驅動式），以齒條為曳引構件、驅動裝置置於自動扶梯中部上分支與下分支之間的自動扶梯。
- 自動人行道分類：
 - a. 踏步式自動人行道，由一系列踏步組成的活動路面、兩旁裝有活動扶手的自動人行道。
 - b. 鋼帶式自動人行道，在整根鋼帶上覆橡膠層組成的活動路面、兩旁裝有活動扶手的自動人行道。
 - c. 雙線式自動人行道，由一根銷軸垂直放置的牽引鏈條構成來回兩分支、在水平面內的閉合輪廓，以形成一來一回兩台運行方向相反的自動人行道。兩旁皆有活動扶手裝置。
- 自動扶手電梯及自動人行道的主要技術參數：
 - a. 額定速度：指梯級、踏板或膠帶在空載運行下的速度，是設計確定並實際運行的速度。自動扶手電梯傾斜角不大於 30° 時額定速度不應超過 0.75m/s ，傾

斜角大於 30° 且不大於 35° 時額定速度不應超過 0.50m/s 。自動人行道的額定速度不應超過 0.75m/s ，當踏板的寬度不超過 1.1m 時，額定速度最大允許達到 0.9m/s 。

- b. 傾斜角：梯級、踏板或膠帶運行方向與水平面構成的最大角度。自動扶梯傾斜角不應超過 30° ，當提升高度不超過 6m ，額定速度不超過 0.50m/s 時，傾斜角允許增至 35° 。傾斜角一般採用 30° 、 35° 、 27° 等系列。自動人行道的傾斜角不應超過 12° 。
- c. 梯級寬度：自動扶手電梯一般採用 0.6m 、 0.8m 、 1.0m ，相對應平均每個梯級承載1人、1.5人、2人。

5.2 設計考慮

5.2.1 升降機系統

5.2.1.1 監察/評估升降機的日常運作要求

設計能達到節能目的的升降機系統，首要程序就是監察目標建築物的日常運作情況，例如使用習慣、人流量統計及負載統計等。當然，若目標建築物尚未建成，我們便要使用科學的方法對其運作情況作出適當評估。

要對建築物日常運作情況進行監察，可以嘗試透過數據監察方法得到目前系統之日常運作情況，並搜集以下數據：

- 升降機上升及下降之需求比例
- 不同樓層對系統上升之需求次數
- 不同樓層對系統下降之需求次數
- 每日平均相對滿載的負載比率
- 樓層人口分佈
- 在不同平衡錘重量下之運作電流及功率需求

透過以上有關資料，便可有效地設計系統的區段規劃、應召策略及時段設計等設定。

5.2.1.2 發動機控制系統選擇

由於發動機控制系統是升降機系統主要將電能為動能，其選擇會直接影響系統的效能及能耗，一般按發動機機種可分為直流電供給及交流電供給兩大類。

直流電供給主要分為直流電動機-發電機系列（DC M-G）及直流發動機-控硅整流器系列（DC SS）兩種。

交流電供給主要分為單速系列（AV-1）、雙速系列（AV-2）、三速系列（AV-3）、調壓調速系列（ACVV）以及調頻調壓系列（ACACVVVF）五種。

直流發動機-發電機系列（DC M-G）由於有大量能量損失於發動機及發電機內以及當升降機待命時發動機仍然繼續運作，所以令能耗較大效率非常低。根據相關測試及數據記錄得知，調頻調壓系列（ACACVVVF）能在運作時作連續性的速度調節以及起動及停止時的少耗能表現，證明較其他系列相對節能亦增加用戶乘搭時的舒適性，所以非常建議選用該系列作為發動機控制系統。

5.2.1.3 設定功率

升降機的功率主要是根據升降機負載、速度以及驅動部分所確定，功率的設定估算可以參考以下公式：

升降機電源設備功率P估算公式如下：

- 交流單速升降機 $P \approx 0.035L \cdot V \text{ (kVA)}$
- 交流雙速升降機 $P \approx 0.030L \cdot V \text{ (kVA)}$
- 直流有齒輪升降機 $P \approx 0.021L \cdot V \text{ (kVA)}$
- 直流無齒輪升降機 $P \approx 0.015L \cdot V \text{ (kVA)}$

上述公式中：L－升降機的額定負載(載重量)，kg

V－升降機的額定速度，m/s。

實際計算時，電梯的電源設備功率P應以制造商提供的數據為準。

但因應各產品採用技術的差異，不同技術的升降機在同樣的要求及負荷下亦會有所不同。適當地選擇功率除了可以避免過剩設計外，亦可在符合設計要求及負荷的大前提下，盡量減少升降機系統的能耗。

5.2.1.4 設定系統容量(負載)

最常用的系統容量設計分析就是使用建築物在高峰時段的相關數據，以確保系統能有效地應付高峰時段的需要，避免人流及系統阻塞。

承載能力系數所表示的是一個系統於指定時間內的服務質素，一般為5分鐘(300秒)。可以用以下公式計算：

$$HC = \frac{5 \text{ min} \times 60 \text{ sec/min} \times CC \times 80\%}{UPPINT \times Pop} = \frac{240 \text{ sec} \times CC}{UPPINT \times Pop}$$

HC = 承載能力系數

CC = 升降機容量(人數)

UPPINT= 高峰時段期間服務間隔時間

Pop = 建築物內人口

註：根據經驗，每次升降機的接載比率約為設計容量的80%

高峰時段期間乘客等候時間，所指的是當乘客發出呼叫後，升降機於指定時間內到達乘客所在之樓層。時間的長短會就不同建築物類型及實際需要而改變。一般情況下可參考下表：

表十一、不同建築物的高峰時段期間乘客等候時間要求

建築物類型	高峰時段期間乘客等候時間
商業大廈	30秒
酒店	40秒
學校	45秒
商場	30秒
工業大廈	50秒
住宅	60秒
多功能綜合型建築物	取各功能部分中高峰時段期間乘客等候時間最小值為這建築物的高峰時段期間乘客等候時間

一般而言，承載能力系數在12%-15%為最適合，如果系數太低，在高峰時段會因無法疏道人流而出現擠塞情況。因此，升降機需要增加行進次數以疏散人流，能耗及磨擦損失便相應增加。

5.2.1.5 設定升降機速度

事實上，升降機速度設定的原則是以合理的時間把用戶送到目的樓層，所以建築物愈高，所採用的速度亦會愈快，以符合高峰時段期間服務間隔時間的要求，但在追求速度的同時，亦需顧及用戶的舒適性及安全性，適當地增加升降機數量以減少整系統對速度的需求。

5.2.1.6 區段規劃

由於起動及停止時的動力流失是能耗主因之一。因此，限制起動及停止次數可有效地減少動力流失。所以科學地劃分區段對減少能耗有一定幫助。另外，亦可有效地減少等候時間增加系統效率。

可以考慮按搜集到的數據，分析各樓層對系統的需求，而把樓層分為若干區段，並由各升降機分別服務。若是摩天大廈，即100米以上，可以考慮增加空中大堂，即在若干樓層增加升降機大堂，服務該大堂以上的樓層，用戶可於地面層乘搭較大的升降機到空中大堂後，再轉乘支升降機繼續旅程。這樣除可減少升降機常動配件因行程過頻過長的磨擦損失外，亦可減少機房所佔用建築物的橫向空間及減少因停頓多次而產生的動力流失。

傳統的做法是把升降機分為單數樓層服務組及雙數樓層服務組，這樣的分配方法可能會更加延長等候時間。因為用戶可能會因希望盡快得到服務而同時呼叫兩組升降機。不當的區段規劃可能會使用戶同時呼叫所有升降機，造成不必要的能耗便會增加。

5.2.1.7 平衡錘重量選擇

當升降機完成調試階段並開始運作後，可以分階段於真實運作環境更換平衡錘相對升降機設計負載的比例，以監察其在不同比例下運作電流及功率的需求，從而訂定能使能耗相對降低的合適比例（一般為45%~55%）。

5.2.1.8 其他節能考慮

由磨擦損失亦是能耗的主因之一，可以通過適當地選擇配件而減少。例如使用較大直徑之滑輪組及牽引滑輪、減少滑輪數量、用滾動式導軌代替滑動式導軌、於滑輪軸加入軸承以及使用高效傳動齒輪組等。減少升降機內的裝飾負載亦有助於減少升降機系統的不必要能耗。

5.2.1.9 升降機系統管理

透過儀錶，可以有效地了解升降機系統的能耗情況，進行能源監察從而了解系統的表現，亦可因監察到系統有異常表現時及早維修，預防故障發生。

升降機的控制規則系統也是影響能耗的重要設定，不當的控制規則除了浪費能源外，亦會增加用戶的等待時間。例如，有多台升降機同時為同一區段提供服務，當用戶發出呼叫指令後，若所有升降機一同回應呼叫，屆時除一台升降機可以提供到所需服務外，其他升降都會作出了多餘的運作，同時亦不能及時回應其他樓層的呼叫，浪費能源之餘，亦增加常動配件的磨擦損害。

待機模式也是可以有助減少能耗的設定，透過待機模式，在“非高峰”時段停止或減緩系統部分元件的運作，甚至於同一組的升降機內選擇部分機組暫停亦可有助減少能耗。另外，可以考慮當升降機無人使用時，停止通風系統及關掉部分燈具。由於安全問題，建議不要關掉所有升降機內的燈具。

5.2.2 自動梯系統

其實自動梯也是生活中一種十分耗能的機械。自動梯需要不停地工作，加上難以預計的人流，所以它需要一定量的電力去運行。即使在無人使用的時候，自動梯也會繼續運行，所以其馬達、摩擦力、控制及齒輪箱也是耗能的一部分。

總括以上所提到的功率消耗，一般自動梯的能耗大致可歸納於以下數種：

先不考慮配件本身的特性，自動梯的節能方案在整體設計上其實已經可以有所實行。針對於運送乘客到所需高度，我們在設計上必需知道其場所的人流數目及其分佈，因為這是決定整個自動梯系統大小的主要因素。

接下來當然是要了解人流的流動方向才可決定自動梯系統的動向；最後便是客戶及用家的要求及規範。過度或不恰當的設計往往會造成能源的浪費及損耗，最理想的

自動梯運行便是在有效率及低能耗的情況下工作。以下列出幾類節約能源的建議：

5.2.2.1 改善功率因數

自動扶手梯在制動負荷狀態(Brake Load Condition)下，應保持其驅動運作在功率因數0.85以上工作。生產商應該提供相關的證明文件，如果未能提交也應該可設計階段做出相對的措施及計算以證明可以達到其功率因數。

5.2.2.2 善用能源裝置

利用降低電壓及軟起動的方式來減低感應電動機的功率損失。另一個優點是具有良好的軟起動特性，能降低電動機的啟動電流，並減少相關機械傳送裝置（例如齒輪、鏈條、傳送帶等）的過度磨損。

5.2.2.3 減輕自動梯的梯級負載

以玻璃纖維材料取代現有的自動梯梯級，使梯級的重量減少3%，從而降低梯級的電動機負載及減少耗電量。

5.2.2.4 減輕自動梯的電動機負載

以非金屬材料或塑料（例如玻璃纖維強化膠）取代現有的金屬傳動鏈，可減輕電動機負載，從而降低耗電量。

5.3 技術應用

除了上述的設計部分的先前工作外，還可以採用一些新的技術及控制管理的措施，減少升降機及自動梯系統在運作過程中電量的消耗，達到節能的效果。升降機及自動梯系統節能主要有以下技術措施：

5.3.1 採用無齒輪永磁同步曳引機

無齒輪永磁同步曳引機是用永磁材料產生勵磁磁場，代替電勵磁。它不需要勵磁電流，轉子中無勵磁損耗。永磁體產生的勵磁磁場與定子繞組中的電流產生的電磁耦合作

用，使曳引機轉動。而拖動裝置的動力，不用中間的減速器而是直接傳遞到曳引輪上。

目前採用無齒輪永磁同步曳引機的升降機速度一般可達 $0.5\sim 4\text{m/s}$ ，載重量從 $450\sim 2000\text{kg}$ ，應用場合包括住宅樓、酒店、寫字樓等，包括有機房升降機和無機房電梯。除了新安裝的升降機設備採用外，也可以把舊有的升降機系統進行更新程，把系統原有的有齒感應電動輪曳引機更改為無齒輪永磁同步曳引機。無齒輪永磁同步曳引機主要有以下優點：

- 高效節能、驅動系統動態性能好
- 採用無齒輪永磁同步曳引機，無需龐大的蝸輪、蝸杆式齒輪減速箱(機械傳動效率僅為70%左右)；與感應電動曳引機相比，無需從電網吸取無功電流，因而功率因數高；因沒有激磁繞組沒有激磁損耗，故發熱小，因而無需風扇、無風摩耗，效率高；採用磁場定向向量變換控制，具有和直流電動機一樣優良的轉矩控制特性，起、制動電流明顯低於感應電動曳引機，所需曳引機功率和變頻器容量都得到減小。故與傳統的有齒輪升降機相比節能約30%~40%左右。

- 運行平穩、雜訊低

低速直接驅動，故軸承雜訊低，無風扇、無蝸輪蝸杆雜訊。雜訊一般可低5~10分貝，減小對環境雜訊污染。

- 節省建築空間

無龐大減速齒輪箱、無激磁繞組、採用高性能釹鐵硼永磁材料，故電機體積小，重量輕，可縮小機房或無需機房。

- 使用壽命長、安全可靠

曳引機無需電刷和集電環，故使用壽命長，且無齒輪箱的油氣，對環境污染少。

- 運行維護費用少

無刷、無減速箱，維護簡單。

5.3.2 採用交流變壓變頻調速控制

調速控制是指對電梯從啟動到平層整個過程中速度的變化規律進行控制，從而

減輕人在乘坐電梯時由於啟、制動過程中加、減速產生的不舒適感（上浮、下沉感），並保證平層停車準確可靠。

交流電梯的調速方法主要有三種：變極調速（雙速）、交流調壓調速（ACVV）和變壓變頻調速（ACVVVF），其中ACVVVF被認為是一種最理想的交流電梯調速方法，代表了現代電梯控制技術發展方向。隨著現代電子技術和微電子技術的發展，近年來ACVVVF電梯調速系統在工業發達國家已經得到普遍應用，正在逐步取代ACVV調速和直流調速電梯。

變壓變頻調速控制器就是將來自電網的交流電壓整流成直流電壓，然後再轉換成振幅和頻率可變的交流電壓。在電壓和頻率都可變的電力驅動下，使電動機的速度產生相應的改變調整，以達到變壓變頻調速的功能。ACVVVF調速電梯的主要優點有如下兩個方面：

- 優越的調速性能。ACVVVF調速電梯在起動和制動過程中，通過變頻器均勻改變電機供電的頻率和電壓，達到平滑調節電梯的目的，以獲得良好的乘坐舒適感。ACVVVF系統的調速性能明顯優於ACVV系統，與直流調速系統相近。
- 明顯的節能效果。由於ACVVVF電梯調速系統在電梯起動時採用降頻軟起動，電機起動電流很小，不超過額定電流。而同樣的ACVV電梯在工頻（50HZ）下起動，電梯起動電流可達額定電流的3~5倍。在電梯的制動段，ACVVVF電梯調速系統工作於發電制動狀態，不從電網中取得電能，而ACVV電梯調速系統則需從電網中取得能耗制動電流，不僅浪費電能，而且引起電機發熱。此外，ACVVVF系統的功率因數較高。ACVVVF電梯調速系統比ACVV系統節能約40%~50%，同傳統的機組式直流電梯相比可節能70%左右。

變壓變頻(ACVVVF)調速控制還適合在自動梯設備中使用，通過在自動扶手電梯及自動人行道入口前安裝感應器，使控制器能按乘客的流量來調節自動梯的速度。這類自動梯的運作取決於是否有乘客使用當沒有乘客使用時，自動梯會控制於閒置狀態，因而達到節能的效果。以下將就這方案詳細講解。

5.3.3 自動梯智能節能控制優化

在自動梯的正常使用產生任何負面影響的前提下，引入無速度感測器向量變頻調速控制設備。即控制器根據感測器產生的訊號，在有人乘坐時，扶梯以原有速度

運行（50Hz）；當無人時，扶梯減速到低速或停止運行。同時應具備當節電器出現故障時，自動切換到工頻運行，保障扶梯輸送功能的正常實施。

採用扶梯專用節電器驅動電梯主機，設置主頻率（低速）、多段速頻率（高速）兩種運行頻率；在電梯首尾處各安裝一支紅外感測器開關，乘客通過電梯時，紅外感測器開關被觸發並發出開關信號給變頻控制器；有客流時，紅外傳感開關被觸發，變頻控制器立即加速到多段速頻率，並使電梯高速運行；電梯高速運行時，變頻控制器內置計時器開始計時，若在計時的時間段內再無乘客通過電梯，計時結束後變頻控制器將自動切換到主頻率，進行低速運行；若在計時器計時期間，有乘客重新觸發光電開關，計時器將重新計時；對電梯上行和下行，週邊控制採用開關互鎖，保證扶梯系統的正常工作的；為消耗下行，或者制動過程產生的多餘能量，需在變頻控制器上加裝制動電阻。

採用智能節電器控制自動梯後節電率在25%以上，並具有軟啟動功能可消除電機啟動時的電流衝擊；可有效改善電機的功率因數，減少無功損耗；具有過流、過壓、超載、過熱等多種電子保護裝置，並具有豐富的故障報警輸出功能，可有效保證整個系統的正常運作；無客流量時電梯運行速度很低，機械磨損大為降低；變頻拖動系統的啟動、停止及速度轉換過程平穩順暢，舒適感較好。有“手動”和“自動”兩種工作模式，在節電器出現故障的情況下，仍可按手動工作方式繼續運行。



第六章

再生能源系統

6.1 介紹

介紹適合本澳應用的可再生能源系統，並分析其原理及設計，令本澳的建築物更富節能效益，更多角度廣泛的考慮。

再生能源主要包括太陽能、風能、水能、生物質能、地熱能和海洋能等。再生能源所指的是在自然界中可以永續利用、不斷再生、用之不竭、取之不盡的可以再生的非化石能源，它對環境無害或危害極小，而且資源分布廣泛，適宜就地開發利用。但目前階段，這些再生能源的設備成本偏高，效率尚嫌不足，經濟效益尚待改進，是未來值得期待的一環。另外，華南熱濕地區比起華北、西藏地區，陰雨天偏多，太陽日射量偏低，對於太陽能利用並非十分有利，工程設計應以基本節能設計優先，而以再生能源為輔助才是上策。

再生能源可以直接使用或通過各種間接方式把收集到的再生能源轉化為其他能量形態，例如透過風力渦輪機、水力渦輪機、太陽能光伏設備轉化為電能或太陽能集熱板轉換致熱能。

6.2 設計考慮

太陽能被視為清潔而可再生的未來主要能源之一，我們可以通過以下等方式取得太陽能：

- 透過光伏設備收集並產生電力；
- 透過太陽熱能收集器的深色吸熱表面收集熱能並通過流體，將熱能取出；
- 利用光纖技術，把室外的日光引入室內，作補充照明之用；

現在大部分的太陽能應用方式都是集於產生電能及熱能，太陽能的應用技術可根據以下方式分類：

- 在建築設計上加入太陽能應用元素用以減少及取代對化石燃料發電的需求；
- 利用太陽熱能收集器組成太陽能發熱系統，當中的流體系統可以把熱能輸送到需要的位置或把熱能儲存待日後使用；
- 太陽能電池，也稱為光伏電池，使用半導體的光伏效應直接從日光發電。

6.3 技術應用

6.3.1 太陽能光伏發電系統

6.3.1.1 基本原理

太陽能發電是指無需通過吸熱過程直接將光能轉變為電能的發電方式。光伏發電是利用太陽能半導體電子器件有效地吸收太陽光輻射能，並使之轉變成電能的直接發電方式，是當今太陽光發電的主流。

光伏發電系統是一種固態裝置，只是簡單地利用太陽能產生電能，無須考慮能源供應和環境污染，無噪音，但需要經常清潔維護以保持太陽接收面的乾淨，以維持其發電效率。光伏組件與建築物完美組合，既可發電又能作為建築材料和裝飾材料，使物質資源被充分利用、發揮多種功能，有利於降低建設費用。

6.3.1.2 系統組成部份及功能

一套基本的太陽能發電系統是由太陽光伏電池板、防反充二極管、逆變器、充電控制器、蓄電池和測量設備構成，下面對各部分的功能作一個簡單的介紹：

- 太陽能光伏電池板的作用是將太陽輻射能直接轉換直流電，供負載使用或存貯於蓄電池內備用。由於技術和材料原因，單一電池的發電量是十分有限的，使用中的太陽能電池是單一電池經串、並聯組成的電池系統，稱為陣列電池組件。一般的太陽能電池皮根據用戶需要將太陽能電池列為方列，再配上適當的支架及接線盒組成。
- 防反充二極管又稱阻塞二極管，其作用是避免由於太陽能電池方陣在陰雨天或夜晚不發電時，或出現短路故障時，蓄電池組通過太陽能電池方陣放電。它串聯在太陽能電池方陣電路中，起單向導通的作用。要求它能承受足夠大的電流，而且正向電壓降要小，反向飽和電流要小。一般可選用合適的整流二極管。
- 逆變器的作用就是將太陽能電池方陣和蓄電池提供的低壓直流電逆變為220V交流電。
- 充電控制器的作用是為蓄電池提供最佳的充電電流和電壓，快速、平穩，高效地為蓄電池充電，並在充電過程中減少損耗，盡量延長蓄電池的使用壽命。

同時保護蓄電池，避免過充電和過放電現象發生。如果用戶使用直流負載，通過充電控制器還能夠為負載提供穩定的直流電（由於天氣的原因，太陽能電池方陣發出的直流電的電壓和電流不是很穩定）。

- 蓄電池組是將太陽能電池方陣發出的直流電貯存起來，供負載使用。在光伏發電系統中，蓄電池處於浮充放電狀態，夏天日照量大，除了供給負載用電外，還對蓄電池充電；冬天日照量少，這部分儲存的電能逐步放出。白天太陽能電池方陣給蓄電池充電，同時方陣還要給負載用電，晚上負載用電全部由蓄電池供給。因此，要求蓄電池的自放電要少，而且充電效率要高，同時還要考慮價格和使用是否方便等因素。

6.3.1.3 種類及其特性差異

半導體在太陽照射下產生電位差的現象稱為光伏效應。太陽能光伏發電系統就是利用太陽能電池中半導體材料的光伏效應，將太陽光輻射直接轉換為電能的一種發電系統。

太陽能光伏發電應用系統分為三類：直流負載獨立系統、交流負載獨立系統和並網系統，各系統之特性差異如下：

- 直流負載獨立系統的工作方式是白天充電晚上放電；優點是能量損失少，容易設計；缺點是需要維護及更換電池；一般適用於玩具、路燈、收音機、手電筒等。
- 交流負載獨立系統的工作方式是白天充電並供電，晚上蓄電池供電；優點是成本低於架設輸電設備；缺點是需維護和更換蓄電池，能量損失高；一般適用於市電無法到達的偏遠地區。
- 並網系統的工作方式是白天供電而晚上不供電；優點是三種系統當中效能最佳而且發電率高，系統無需維護，易於設計，並可以解決高峰電力不足的困擾；缺點是市電斷電時無法使用；一般適用於市電可到達的地點。

6.3.1.4 系統應用

光伏發電系統的應用十分廣泛，主要應用於用戶太陽能電源，如通訊、石油、海洋、氣象等領域的較難直接輸電的用電設備或儀器。太陽能光伏發電目前最好的

發電效率約為18%（太陽正射條件下），但是因為天氣的陰雨、灰塵，加上早上黃昏的低角度照射，使其發電效率大打折扣，同時太陽能光伏的成本造價不低，目前的投資報酬率不高，期待未來能有所改進，以便廣泛推廣。

6.3.2 太陽能熱水系統

6.3.2.1 簡介

太陽能熱水系統是直接利用太陽熱能為熱水，沒有能量轉換損失，因此其效益比太陽能光伏發電高。太陽能熱水系統的熱能供給，用在中大型系統的目前有三種型式分別為鍋爐、熱泵及太陽能系統，其中鍋爐系統利用傳統燃料作為能量的來源，必須考量環境污染的問題，而熱泵使用電能，相對的在應用端是較為乾淨的。太陽能利用太陽能源加熱水，是三種方式裡面最具節能效益的。

太陽熱能技術主要利用集熱器將太陽輻射能量吸收，利用熱交換形式將輻射能量轉換成有用的熱能使用。

6.3.2.2 系統組成部份及功能

太陽能熱水系統主要由集熱器、儲水槽、輔助加熱器及管路等四個部分所組成，其結構及功能如下：

- 集熱器(Collector)的基本組成是吸熱板(Absorber)和選擇性吸收膜(Selective Surface Coating)。吸熱板表面塗上選擇性吸收膜，吸收太陽輻射能量。其中有管路導引工作導體(一般常用水作為工作流體)，將吸熱板上所吸收之太陽熱能傳輸至使用端利用。而選擇性吸收膜是具有高吸收率、低放射率之光學特性，主要將太陽輻射能量吸收，並降低輻射損失。

由於吸熱板吸收太陽輻射能量，集熱板表面溫度提高，為降低與表面空氣之對流損失(或受風影響)及熱傳導損失，因此，吸熱板上方以透明面蓋與大氣隔離；集熱器周圍及底部以保溫材料包覆，以降低熱損。

- 儲熱桶(Storage Tank)的功能在於儲存集熱器所加熱的熱水。儲熱槽由內外桶構成，中間充滿如PU發泡、保麗龍等保溫材料，以防止熱量散失。儲熱桶一般依外型長寬比分為臥室與立室兩種，其結構大致相同，都是內外各一層水桶，中間填塞隔熱材料保溫，一般而言，直立桶效果較佳，但市面上多使用臥式，

因結構上較易固定，外表較美觀，且不佔空間。為減少冷熱水之混合，儲水槽內亦有種種設計，如分層隔板、進水檔板及進水噴管。

- 輔助加熱器(Auxiliary Heater)，電熱棒安裝於最後一個出水的儲熱槽內或另外置放於一個較儲熱桶小的加熱桶內，以節省電能使用。以定時器及溫控計控制加熱時間與熱水溫度。因此，有了輔助加熱器，不論天氣如何，皆有充足的熱水可用，十分方便。大型強制循環式太陽能熱水系統，大部分以鍋爐做為其輔助加熱器。
- 管路(Piping)，當中包括補充熱水器冷水管與輸送熱水至用水龍頭的熱水管，熱水管路外覆保温材料，以防散熱。小型太陽能熱水器之管路材質有鍍鋅鋼管、不鏽鋼管、銅管。較常用為銅管。集熱器與儲水槽之間的管路與往使用處之管路，必須要有保温，且需要外覆材。對於自然循環系統之管路，必須避免管路先向上而後向下彎。中大型系統之管，通常是用鍍鋅鋼管或不鏽鋼管。管路要有保温及外覆材，每片集熱器之冷水管與熱水管長度之和最好相等，且熱水管越短越好。至於溫水游泳池，則管路可用塑膠管。

6.3.2.3 集熱器種類

集熱器可分為平板式集熱器、真空管式集熱器。

- 平板式集熱器之集熱板形式一般為銅皮銅管、銅鰭片銅管、不鏽鋼板管、非金屬板管(高分子化合物)等。依用途，操作溫度及設置成本之考量，透明面蓋成為非必要元件、因此，又分為有面蓋式集熱器及無面蓋式集熱器。一般非金屬平板集熱器主要由EPDM或Copolymer等製成，用於溫水游泳池。
- 真空管集熱器之集熱板形式有玻璃管、銅鰭片銅管、銅管等。集熱板周圍以透明材(玻璃管)包覆，內部抽製成真空狀態，以降低內部空氣造成之對流熱損。由於真空管式集熱器之上下四周均為透明材，因此，有些產品配合聚光用戶射板，將太陽光有效集中在集熱板上，提高收集能力。

6.3.2.4 種類及其特性差異

太陽能水系統依循環動力源的設計可分為：自然循環式太陽能熱水系統、強制循環式太陽能熱水系統及儲置式太陽能熱水系統

- 自然循環式 (Natural-Circulation)，這種型式儲水箱置於收集器上方，水在收集器中受太陽輻射之加熱，溫度上升，造成收集器及儲水箱中水溫之不同，而產生密度差，因此引起浮力，產生熱虹吸現象(Thermosyphon)，使水在儲水箱及收集器中自然流動，由於密度差為溫度差之函數，則水流量與收集器之有用能吸收量成正比關係。
- 強制循環式 (Force-Circulation)，這種熱水系統利用水泵使水在收集器與儲水箱之間循環，當收集器頂端水溫高於儲水箱底部水溫若干度時，控制裝置啟動水泵使水流動，水泵入口處裝設止回閥(check valve)以防止夜間水由收集器逆流，引起熱損失；這種型式之熱水系統之流量已知(由水泵之流量可知)，容易預測性能，及若干時間內之加熱水量，同時在同樣設計條件下，較自然循環式可得較高溫度之水；但是，因為必須利用水泵，而有水泵電力、維護(如漏水等)以及控制裝置啟停時容易損壞水泵等問題存在，因此，除大型熱水系統或需要較高水溫時需利用強制循環型外，大多採用自然循環型熱水系統。
- 儲置式 (Batch / Integrated)，這種太陽能熱水系統的基本結構及設計構想是最簡單的，其特點吸熱裝置與儲熱置是為一體的。既不需儲熱桶的費用，又無需設計傳熱管、鰭片的考慮，故制造成本會低得多。

6.3.3 太陽能導光管採光系統

6.3.3.1 簡介

天然光是一種取之不盡、用之不竭的綠色能源，導光管技術的出現為人類合理利用天然光資源開闢出新的途徑，導光管照明是一種健康、環保、無能耗的綠色照明。從黎明到黃昏，甚至是陰雨天氣，導光管照明系統都可以高效地將天然光導入室內。系統的使用壽命可達30年以上，無需維護。

6.3.3.2 系統類型

從採光方式上分，導光管有主動式和被動式兩種。主動式是一個能夠跟踪太陽的聚光器，用以採集太陽光。這種類型的導光管採集太陽光的效果很好，但是聚光器的造價相當昂貴，目前很少在建築中採用。目前應用最多的是被動式採光導光管，聚

光罩和導光管本身連接在一起固定不動，聚光罩多由PC(聚碳酸酯)或有機玻璃注塑而成，表面有三角形全反射聚光棱。這種類型的導光管主要由聚光罩、防雨板、可調光導管、延伸光導管、密封環、支撐環和散光板等組成。

6.3.3.3 系統組成

建築用導光管系統主要分三部分，一是採光部分；二是導光部分，一般由三段導光管組合而成，導光管內壁為高反射材料，反射率一般在95%以上，導光管可以旋轉彎曲重疊來改變導光角度和長度；三是散光散分，為了使室內光線分佈均勻，系統底部裝有散光部件，可避免眩光現象的發生。

導光管系統主要由採光罩、導光管以及漫射器三部分組件構成。具體構成如下：

- 採光罩一般為半球型或多棱體型，材料使用進口PC 注塑或熱成型，採光罩安裝室外，用於太陽光的採集。
- 導光管的功能是將採集的太陽光進行傳導，導光管採用內壁塗有純銀作為高反射材料塗層的鋁板，卷成管狀，其內壁的反射率在98%以上，使用這種材料的導光管具有導光效率高、導光管表面亮度均勻、漫射性能好、照明時無眩光利於保護視力等優點。導光管可以旋轉、彎曲、重疊來改變導光的角度和長度，導光管是系統的核心。
- 漫射器部分，材料為亞克力，熱成型。主要使光線在室內均勻分佈，防止眩光現象。此外，導光管照明系統還可以根據需要安裝一套電動遙控裝置，用於調節光線的強弱或關閉導光管照明。

6.3.3.4 照明原理

通過室外的採光罩將天然光採集到系統內，光線穿過表面鍍有純銀材料的高反射率導管，使光線得到傳輸和強化，再經過室內的漫射裝置，將光線在室內均勻分佈。

6.3.3.5 系統應用

建築用導光管結構簡單、安裝拆卸靈活、造價低廉，能夠造成舒適的建築光

環境，在歐美等國家得到廣泛應用。在晴天的白天完全可以不再使用電光源照明，導光管導入的自然光完全可以滿足人們日常活動的照明和採光需求，而且對人們的健康有利，安裝採集太陽光導光管的房屋大大地減少了季節綜合症的發病率。

然而，太陽光導光管的光源受到天氣陰雨變化而不穩定，其導入的照度也忽高忽低，較難作為正常辦公作業的照明使用。當然也可加入半自動調光型人工照明來輔助太陽光導光管照度之穩定，但須考量其成本，因此太陽光導光管通常使用於運動設施、走道、中庭等室內照度穩定性要求不高的場所。

6.3.4 太陽能導光纖維採光系統

6.3.4.1 簡介

光纖照明是近年新發展起的照明技術，它是一種獨特的照明新技術，運用光纖可使照明工程、景觀工程、建築工程增添光彩。它的發展由國防、高科技產業漸漸移向商業照明使用，現已廣泛應用於工業、科研、醫學及景觀設計中，已形成各類產品，有著不可估量的發展前景。

6.3.4.2 系統組成

光纖照明系統一般由發光器、發光導體、終端附件和燈具四部分組成。

- 發光器將光纖照明系統用的光源裝入外罩內的裝置稱為發光器。外罩用薄金屬板耐衝擊塑料制成。發光器裝置包括光源、電器元件、反熱片、散熱片、風扇及旋轉式玻璃盤。光源後部的反射器和前部的透光鏡有助於高效地把光傳輸入光纖。通常使用的燈包括20~75W低壓MR16燈和70~250W金屬鹵化物(M-H)燈。
- 發光導體用於將光纖從光源傳輸到燈的材料被稱為光導體。常見的发光導體有兩種。端點發光光纖是將光束傳到端點後通過尾燈進行照明，光纖外有一層不透明的包層，既防止光線外泄，又用於保護和支撐光纖，並需配有發光終端附件。體發光光纖是指光纖身就是發光體，形成一根柔性光柱。光纖採用特殊結構，可通長發光，其外可以包覆一層PVC透明保護層，該透明的襯層起保護和支撐作用，無需配有發光終端附件。
- 終端附件包括連接器、耦合器和套圈，使用這些器件將一個系統的各件作機

械上光學上連接。用連接器將一條光纖固定到端口或燈具上，將一條光纖對準裝配到發光器上或兩條光纖相互之間的對接則用耦合器。套圈是一個終端器件，用於保護光纖的正確定位。套圈通常與特定的光纖一起由工廠設計加工，因此只簡便地將套圈插入燈具的連接套內即可。

- 燈具的類種繁多，大致上按應用範圍可以分為下射型燈具、燈和重點照明燈具、景觀和室外照明燈具、水下照明、特殊照明燈具及定制的燈具。

6.3.4.3 光纖種類

光纖有單股、多股和網狀三種。單股光纖的直徑為6~20mm，可分為體發光和端點發光兩種，而多股光纖均為端點發光，其直徑一般為0.5~3mm，而股數常見為幾根至上百根。網狀光纖均由細直徑的體發光纖組成，可以組成柔性光帶。利用透鏡和反光鏡等光學元件可以改變光線的傳播方向。

6.3.4.4 照明原理

當光源通過反光鏡後，形成一束近似平行光。由於濾色片的作用，又將該光束變成彩色光束。當光束通過光纖後，彩色光束就隨著光纖照明的路徑送到預定的地方。由於光在傳輸中的損耗較小，所以光源一般都很強。

為了獲得近似平行光束，發光點應盡量小，近似於點光源。反光鏡是獲得近似平行光束的重要元件，所以一般採用非球面反光鏡。濾色片是改變光束顏色的元件。根據需要調換不同顏色的濾光片，即可獲得相應的彩色光。光纖是光纖照明系統中的主體，光纖照明的作用是將光傳送到預定地點。對光纖照明材料而論，必須是可見光範圍內，對光能量應損耗最小，以確保照明質量。但實際上不可能不損耗，所以光纖傳送距離約30m左右為最佳。

6.3.4.5 系統應用

太陽能導光纖維採光系統可以應用於室內照明、水景照明、泳池照明、建築照明、園林綠化、道路照明、古建築與文物照明及易燃易爆場合照明。

附件一、 整個照明系統改造實際案例

整個照明系統改造，包括燈具、鎮流器、反光罩及調光系統

更改前	更改後
2x40W燈具數目: 72	1x50W 燈具數目: 60
安裝功率: 7.7kW	3.3kW
無反光罩	鏡面反光罩
電磁鎮流器	電子鎮流器
手動控制	隨日光調節控制
照明度: 90 lux	280 lux
用量: 15,500 kWh/year	5800 kWh/year
結論: 每年所節省能量(kWh):9,700 照明度的提昇: 190 lux	

附件二 、 只選擇調光控制改造實際案例

只選擇調光控制改造

未有調光控制		設有調光控制	
工作情況		全功率運行	調光運行
2x58W燈具數目	282	282	282
功率(W)	150	99	70
每天工作小時(hr)	24	16	8
2x58W燈具數目	188	188	188
功率(W)	150	99	70
每天工作小時(hr)	12	4	8
工作日子	220	220	220
未有調光控制		設有調光控制	
工作情況		全功率運行	調光運行
每年總功率	303,883	117,330	58,852
總結：			
每年所節省能量(kWh)		127,702	
比率差(%)		42%	

附件三 、 某一大型連鎖購物中心電力系統改造實際案例

測試概況：主要是針對某一大型連鎖購物中心內通訊數碼區的照明設備。該賣場有一特定要求，在對照明設備進行節能時，照明亮度需在允許之前提下進行。而最終測試位置定為 2 號分配電房的AM2配電箱，該配電箱是控制賣場內部份區域的照明設備，照明類型為一般日光燈(照明範圍包括家庭用品、大小家電、通訊數碼、電視音響、賣場B通道、E通道、床上用品、男裝區、女裝區、童裝區、化妝品區等各區內照明設備)。比較AM2控制電箱在不同節能模式下的用電數據及通訊數碼區內的光照差異。

測試結果：

- 電力優化系統對購物中心的照明設備已發揮效用，在進行測試期間，通過電力優化系統其它特點實行綜合節能，平均可減少約10%的有功功率用電。
- 抑制諧波能淨化電網，提高用電質量，保護用電設備，延長設備使用壽命，亦即減少了不必要的廢置物料。
- 旁路模式與節能模式 3 之間，照明設備光度差異約為30度，此差異值對人類眼睛近乎沒有影響。而人類肉眼感光能力，其實不能準確察覺燈光改變，當實際光度減少20%，肉眼看到的光度變化只會減少8%。原理是眼睛瞳孔會自動增大，令更多光線進入。換言之，將燈光略為調暗，既可節能，亦不會影響照明效果

附件四、某一美食茶餐室電力系統改造實際案例

測試位置概況：以單一主回路（200A）進入主機箱，再由主電路作分路（100A），分回路引至收銀處後方副機箱。而主回路負載有閣樓冷氣、地下冷氣、廚房設備、預熱設備、電器插座和照明系統的總開關；分回路的負載主要為照明系統。按當時情況來看，在日常營業時段中，一般負載運行都處於80~90%，其他設備都保持正常運行狀態。

測試結果：

- 電力優化系統對整家茶餐廳的用電設備已發揮效益，平均可減少約11%的有功功率用電。

抑制諧波能有效提高電網之用電質量，保護用電設備，延長設備使用壽命，減少維護設備的。

附件五、升降機採用變頻節能系統的實際研究案例

澳門某一建築物內其中兩台升降機採用變頻節能系統的研究案例，兩台升降機的採樣數據如下：

編號	採樣序號	採樣時間	總運行時間 (分鐘)	使用率
3	1	11:00-12:00	29	48%
3	2	15:15-16:15	20	33%
3	3	11:00-12:00	27	45%
3	4	15:00-16:00	15	25%
10	1	11:00-12:00	15	25%
10	2	15:15-16:15	10	16%
10	3	11:00-12:00	9	15%
10	4	15:00-16:00	5	8%

升降機運行數據(另一建築物內安裝有變頻節能系統的同類型升降機)：

運行狀態	電流量
全速(變頻系統不起作用)	8.01A
減速(變頻半速)	1.49A

能耗分析：

根據以上的數據，我們假設在安裝了變頻系節能系後，3號升降機的平均運行情況為35%全速及65%減速，而10號升降機的平均運行情況為20%全速及80%減速，各升降機每天運行16小時，那麼升降機的能耗將為：

3號升降機：

不使用變頻節能系統的能耗

$4.7\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 30\text{日} = 2256\text{KWH}$

使用變頻節能系統的能耗

$4.7\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 35\% \times 30\text{日} = 789.6\text{KWH}$

$$0.87\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 65\% \times 30\text{日} = 271.4\text{KWH}$$

$$\text{總能耗} = 789.6\text{KWH} + 271.4\text{KWH} = 1061\text{KWH}$$

因此，3號升降機每個月將能節省 $2256\text{KWH} - 1061\text{KWH} = 1195\text{KWH}$ 的電量。

10號升降機：

不使用變頻節能系統的能耗

$$4.7\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 30\text{日} = 2256\text{KWH}$$

使用變頻節能系統的能耗

$$4.7\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 20\% \times 30\text{日} = 451.2\text{KWH}$$

$$0.87\text{KW} \times 16\text{小時/日} \times 80\% \times 30\text{日} = 334\text{KWH}$$

$$\text{總能耗} = 451.2\text{KWH} + 334\text{KWH} = 785.2\text{KWH}$$

因此，10號升降機每個月將能節省 $2256\text{KWH} - 785.2\text{KWH} = 1478.8\text{KWH}$ 的電量。

附件六、某一太陽能熱水系統實際研究案例

本案例中太陽能熱水系統採用閉式系統，選用平板式集熱器，承壓運行，熱水貯存於承壓水罐內，當用戶用水時，依靠冷水壓力將熱水頂出，進入現有熱水系統的閉式水缸內，向熱水系統供水。輔助熱源採用現有的燃油鍋爐，保證連陰天或太陽能不足時的熱水供應。

本系統太陽能集熱器占地面積 250m^2 ，採光面積（集熱器面積） 250m^2 ；共設置4排，每排22塊（ 2200×1300 ）的集熱器共設置兩個有效容積 7m^3 的貯熱水罐，加上原有的兩個 1.4m^3 的貯熱水罐，系統的總有效貯熱水容積為 16m^3 。

節能效果分析：

按照年平均太陽能保證率60%計算太陽能系統提供的熱量，即節約的能量為：

$$\begin{aligned} Q &= q_d \cdot \text{day} \cdot c \cdot \rho_r \cdot (t_e - t_L) \\ &= 16000 \times 365 \times 4.187 \times 0.98 \times (55 - 20) \\ &= 838706344 \text{ kJ} \\ &= 838706 \text{ MJ} \end{aligned}$$

式中 q_d - 設計日用熱水量（L/d），取 16000 L/d

t_e - 儲水箱內水的設計溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ），取 55°C

t_L - 儲水箱內水的初始溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ），取 20°C

c - 水的定壓比熱容， $c = 4.187 \text{ (kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C)}$

ρ_r - 熱水密度（kg/L），取 0.98 kg/L

如果採用電加熱，按照電加熱效率95%計算，提供相同的熱量，需耗電 24.52 萬度電。減去迴圈泵用電（ 0.15 萬度），該系統一年可以節電 23.37 萬度。

附件七、某一太陽能電池板系統實際研究案例

某一建築物內共設有8台水泵，總共率65kW，每天使用1小時，每天耗電量為65kWh。現採用太陽能電池板系統作水泵電源。則太陽能電池板系統的日發電量估算如下：

假設選用太陽能電池板功率為175W每片，共100片，容量為17.5kW。按照下列澳門氣候數據表，平均每日照量為4kWh/m²/d，考慮太陽能電池板發電效率0.7，因此17.5kW系統日發電量預測值為49.0kWh。按每年計，平均可節省17,885kWh。

澳門氣象資料表

月份	日照時間(hour)	平均日照量(kWh/m ² /d)
2	81.8	2.69
3	75.9	2.72
4	87.8	3.39
6	168.2	4.86
8	194.7	5.08
9	182.2	4.83
10	195	4.28
11	177.6	3.83
12	167.6	3.31
每年	1828.0 (total)	每日4.00 (average)

附件八、表格參數總匯

表一、辦公建築圍護結構因子對全年空調耗電量變動的影響率

外殼因素 氣候(代表點)	方位	窗牆面積比	窗面遮陽 (外遮陽與玻璃 遮陽係數SC)	保溫與其他
寒冷氣候(北京)	7.7%	36.3%	15.8%	40.2%
北亞熱帶(上海)	3.6%	37.1%	8.7%	50.9%
南亞熱帶(台北)	5.5%	49.0%	42.7%	6.5%
南亞熱帶(澳門)	4.8%	44.2%	45.7%	6.3%
模擬建築外殼因子與水準為：方位（八方位）、開窗率（25、50、75%）、 水平外遮陽（0.0、50、100cm）、玻璃遮陽係數（0.33、0.52、0.81）、 玻璃熱傳係數（1.86、2.98、6.07）、外牆熱傳係數（0.90、1.98、3.49）、 屋頂熱傳係數（0.80、1.39、2.89）、外牆隔熱材厚（0.0、2.5、5.0cm）。 模擬空調設備條件：AHU+CAV系統，主機效率(COP)=5.5。 模擬建築條件：地上十層樓、標準層平面25×50m、地上層樓地板面積125.000m ² 。 澳門之解析以香港氣象資料替代之。 取自文獻30：「綠色建築」				

表二、常見材料的導熱系數表

材料	混凝土	實心 粘土磚	空心 粘土磚	聚苯乙烯 泡沫板	擠塑板	岩棉板	鋼材
容重 (kg/m ³)	2400	1800	1400	18	40	100-200	7800
導熱系數 (W/m·K)	2.10	0.81	0.58	0.04	0.03	0.04	58.2

表三、中空玻璃的配片方式及功能

玻璃品種	外層玻璃	內層玻璃	功能
普通平板玻璃	可以	可以	保溫、隔聲、防結露
鋼化玻璃	可以	可以	保溫、隔聲、防結露、高強、安全
夾層玻璃	可以	可以	保溫、高隔聲、防結露、安全
隔熱玻璃	可以	不可	保溫、隔聲、防結露、吸收太陽能、裝飾
熱反射玻璃	可以	不可	保溫、隔聲、防結露、吸收太陽能、裝飾
低輻射玻璃	不可	可以	高保溫、隔聲、防結露

表四、幾種不同類型玻璃性能參數

玻璃類型	可見光 透過率(%)	太陽能 透過率(%)	傳熱系數 K [W/(m ² ·K)]	太陽能得 熱系數 SHGC	遮陽系數 SC
6mm普通	89.1	78.4	5.73	0.82	0.95
6+12A+6中空	79.8	44	3.99	0.56	0.64
3+0.1V+3真空	74	62	2.92	0.58	0.7
6(Low-E低透膜)+9A+6	51	33	2.1	0.43	0.49
6(High-E高透膜)+9A+6	58	38	2.4	0.49	0.56
6+6A+PET+6A+6	60	35	0.7	0.40	0.46

表五、不同窗框材料的導熱系數

不同窗框材料	導熱系數[W/(m·K)]
玻璃	0.76
鋼材	58.2
鋁合金	20.3
PVC	0.16
松木	0.17

表六、各類電燈的發光效率最低可接受值 (1/2)

電燈類別	電燈編碼	電燈的標稱瓦數 {Lw}	最低可容許發光效率 (lm/W)
管式熒光燈 T5	MCF (T5)	$10W \leq \{Lw\} < 14W$	75
		$14W \leq \{Lw\} < 30W$	97
		$\{Lw\} \geq 14W$	97
其他管式熒光燈 T5	MCF	$\{Lw\} < 18W$	65
		$18W \leq \{Lw\} < 40W$	75
		$\{Lw\} \geq 40W$	75
緊湊型節能熒光燈	CFL	$\{Lw\} < 9W$	40
		$9W \leq \{Lw\} < 32W$	55
金屬鹵化物燈	MBI	$\{Lw\} < 500W$	85
		$\{Lw\} \geq 500W$	90
水銀蒸氣燈	MBF	$\{Lw\} < 50W$	40
		$50W \leq \{Lw\} < 250W$	50
		$\{Lw\} \geq 250W$	55
低壓鈉蒸氣燈	SOX	$\{Lw\} < 40W$	130
		$40W \leq \{Lw\} < 100W$	140
		$\{Lw\} \geq 100W$	160
高壓鈉蒸氣燈	SON	$\{Lw\} < 50W$	40
		$50W \leq \{Lw\} < 125W$	82
		$125W \leq \{Lw\} < 500W$	110
		$\{Lw\} \geq 500W$	120
混合蒸氣燈	MBTF	$\{Lw\} < 150W$	10
		$150W \leq \{Lw\} < 300W$	20
		$\{Lw\} \geq 300W$	25

表六、各類電燈的發光效率最低可接受值 (2/2)

電燈類別	電燈編碼	電燈的標稱瓦數 {Lw}	最低可容許發光效率 (lm/W)
鎢絲燈	GLS	{Lw} < 20W	6
		20W ≤ {Lw} < 40W	8
		40W ≤ {Lw} < 60W	10
		60W ≤ {Lw} < 100W	13
		100W ≤ {Lw} < 150W	13
		{Lw} ≥ 150W	14
鎢絲鹵燈	TH	{Lw} < 20W	12
		20W ≤ {Lw} < 100W	15
		100W ≤ {Lw} < 500W	17
		500W ≤ {Lw} < 1000W	19
		{Lw} ≥ 1000W	22

表七、不同場所的照明功率密度的參考指標 (1/2)

A. 公共活動空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
A. 1	大堂	25
A. 2	走廊	12
A. 3	廁所/淋浴間	13
A. 4	機房/電制房	13
A. 5	樓梯	8
A. 6	儲物室	11

表七、不同場所的照明功率密度的參考指標 (2/2)

B. 辦公建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
B. 1	辦公室	17
B.2	會議室	17
B. 3	文件整理房/影印室房	11
B. 4	檔案室	8
C. 酒店旅館建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
C. 1	客房	15
C.2	客房走廊	5
C. 3	多功能廳	18
C. 4	宴會廳	23
D. 學校建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
D. 1	課室	17
D.2	走廊	12
D. 3	實驗室	17
D. 4	多媒體教室	17
D. 5	圖書館	17
E. 工業建築空間		
場所編號	場所類別	最高可容許照明功率密度(W/m ²)
E. 1	工作間	11
E.2	精密加工間	17
E. 3	試驗室	11
E. 4	控制室	17
E. 5	倉庫	8

表八、從排風直接回收熱量裝置的性能比較（註:1mm H₂O=9.80665Pa）

性能	轉輪式 熱交換器	板翅式熱交換器		熱管式 熱交換器	盤管熱環式 熱交換器
		全熱交換式	顯熱交換式		
風量範圍 (m ³ /min)	9.3~1493	3.3~133	25~216	25~600	25~600
適用溫度	耐燃紙 50°C以下	50°C以下	鋁 120°C以下	-40~500°C	80°C以下
	金屬 200°C以下		不銹鋼 800°C以下		
風速2.5m/s時的 阻力損失 /mm H ₂ O	約15	約35	約15	約20	約20
最大效率/%	65~85	62~67	60~90	50~60	40~50

表九、多芯有裝甲及無裝甲電纜(銅導體)，在50Hz單相或三相交流電的導體電阻：

導體截面面積 (mm ²)	聚氯乙炔及交聯聚乙炔電纜的導體電阻 以每米/毫歐姆計算(mΩ/m)	
	最高導體操作溫度 70°C下的聚氯乙炔電纜	最高導體操作溫度 90°C下的聚氯乙炔電纜
1.5	14.5	15.5
2.5	9	9.5
4	5.5	6
6	3.65	3.95
10	2.2	2.35
16	1.4	1.45
25	0.875	0.925
35	0.625	0.675
50	0.465	0.495
70	0.315	0.335
95	0.235	0.25
120	0.19	0.2
150	0.15	0.16
185	0.125	0.13
240	0.095	0.1
300	0.0775	0.08
400	0.0575	0.065

表十、無裝甲、有或無護套的單芯聚氯乙烯/交聯聚乙烯電纜(銅導體)在50Hz單相或三相交流電的導體電阻：

導體截面面積 (mm ²)	聚氯乙烯及交聯聚乙烯電纜的導體電阻 以每米/毫歐姆計算(mΩ/m)			
	最高導體操作溫度 70°C下的聚氯乙烯電纜		最高導體操作溫度 90°C下的聚氯乙烯電纜	
	藏於導管/線 槽內	直接夾放或放在 線架上，彼此緊貼	藏於導管/線 槽內	直接夾放或放在 線架上，彼此緊貼
1.5	14.5	14.5	15.5	15.5
2.5	9	9	9.5	9.5
4	5.5	5.5	6	6
6	3.65	3.65	3.95	3.95
10	2.2	2.2	2.35	2.35
16	1.4	1.4	1.45	1.45
25	0.9	0.875	0.925	0.925
35	0.65	0.625	0.675	0.675
50	0.475	0.465	0.5	0.495
70	0.325	0.315	0.35	0.34
95	0.245	0.235	0.255	0.245
120	0.195	0.185	0.205	0.195
150	0.155	0.15	0.165	0.16
185	0.125	0.12	0.135	0.13
240	0.0975	0.0925	0.105	0.1
300	0.08	0.075	0.0875	0.08
400	0.065	0.06	0.07	0.065
500	0.055	0.049	0.06	0.0525
630	0.047	0.0405	0.05	0.043
800	-	0.034	-	0.036
1000	-	0.0295	-	0.0315

表十一、不同建築物的高峰時段期間乘客等候時間要求

建築物類型	高峰時段期間乘客等候時間
商業大廈	30秒
酒店	40秒
學校	45秒
商場	30秒
工業大廈	50秒
住宅	60秒
多功能綜合型建築物	取各功能部分中高峰時段期間乘客等候時間最小值為這建築物的高峰時段期間乘客等候時間

參考文獻

1. GB 50189-2005 《公共建築節能設計標準》
2. JGJ75-2003 《夏熱冬暖地區居住建建築節能設計標準》
3. JGJ16-2008 《民用建築電氣設計規範》
4. GB7588-2003 《電梯制造與安裝安全規範》
5. GB50055-93 《通用用電設備配電設計規範》
6. CIBSE, 《CIBSE Guide D Transportation systems in buildings》
7. 美國冷凍空調學會 (ASHRAE), 《ASHRAE Handbook》
《ASHRAE Standard》
8. 香港生力促進局, 《綠色照明: 節能省錢 人人受惠》, 2005
9. 台灣經濟部能源局, 《政府機關學耗能指標指導手冊》
10. 香港機電工程署, 《照明裝置能源效益守則2007年版》
11. 香港機電工程署, 《空調裝置能源效益守則2007年版》
12. 香港機電工程署, 《電力裝置能源效益守則2007年版》
13. 香港機電工程署, 《升降機及自動梯裝置能源效益守則2007年版》
14. 太陽能發電協會, 《太陽能光伏發電系統的設計與施工》, 科學出版社, 2004
15. 李海英, 白玉星, 高建嶺, 王曉純, 《生態建築節能技術及案例分析》, 中國電力出版社, 2007
16. 魚劍琳, 王灃浩, 《建築節能應用新技術》, 化學工業出版社, 2006
17. 賈振航, 姚偉, 高紅, 《企業節能技術》, 化學工業版社, 2006
18. 薛志峰, 《建築節能技術與實踐叢書-公共建築節能》, 中國建築工業出版社, 2007
19. 蔡文劍, 賈磊, 王雷, 杜曉通, 《建築節能技術與工程基礎》, 機械工業出版社, 2008
20. 本書編委會, 《公共建築節能設計標準》, 中國建築工業出版社, 2005
21. 許俊民 張國斌, 《建築節能規範研討會論文》, 香港大學建築系, 1997

22. 羅運俊，陶楨，《太陽能實用技術叢書-太陽熱水器及系統》，
化學工業版社，2007
 23. 黃秉鈞，《高亮度LED照明時代來臨 推動能源節約》，台灣大學，2006
 24. 王榮光，沈天行，《可再生能源利用與建築節能》，機械工業出版社，2004
 25. 王崇杰，薛一冰，《太陽能建築設計》，中國建築工業出版社，2007
 26. 任元會，《工業與民用配電設計手冊》第三版，中國電力出版社，2005
 27. 中國電梯協會，<http://www.chinaelevator.org/association/index.asp>
 28. 能源世界——中國建築節能網，<http://www.chinagb.net/>
 29. 香港節能網，<http://ee.emsd.gov.hk/>
 30. 林憲德，《綠色建築》，台灣，詹氏書局
- 封面部份圖片由澳門特別行政區政府旅遊局提供。