

# 建築物 能源效益



機電工程署  EMSD

機電工程署能源效益事務處  
機電工程署

香港九龍啟成街3號  
機電工程署總部大樓  
電話 : 852 2808 3465  
傳真 : 852 2890 6081  
電郵 : [eepublic@emsd.gov.hk](mailto:eepublic@emsd.gov.hk)

12 / 2018

# 目錄

## 前言

### 1 建築物的能源使用

- 7 強制性實施能源效益守則
- 9 建築物能源審核
- 10 能源審核的好處
- 11 政府建築物的重新校驗先導計劃

### 2 高能效建築物的特色

- 13 高能效建築物的重點
- 15 建築物外殼

### 3 實現高能效建築物

- 16 環保建築特色
- 23 利用可持續資源

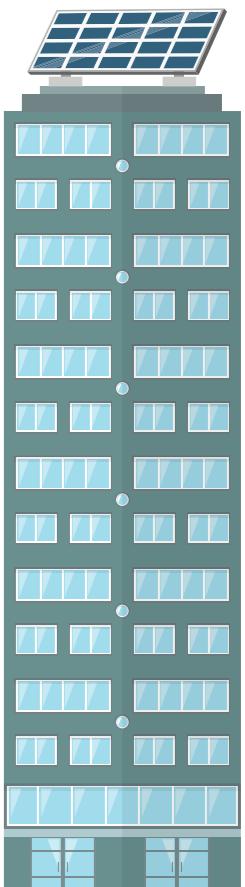
### 4 應用能源效益科技和措施

- 31 空調
- 38 照明
- 39 升降機及自動梯
- 41 電力裝置

### 5 維護高能效建築物

- 44 適當的系統維護
- 46 預防供水系統的滲漏
- 47 良好的內務管理方法

## 參考資料



# 前言

“建築物佔了全球能源消耗的一大部  
分，導致嚴重的溫室氣體和全球暖化  
問題。”

為了減低污染物排放和舒緩氣候變化，改善建築物的能源效益成為了明確的環保目標。興建節能設施需要大量的工夫，必須謹慎籌劃，環保建築設施的設計和建造和有效應用節能科技在屋宇裝備的運作和保養同樣重要。很多國家已制定了建築物能源效益的標準。有大量高樓大廈的香港亦已加快制定建築物能源效益標準的步伐，協助減低新建和現存建築物的能源消耗量，令城市的未來得以持續發展。建築物的節能表現越來越受到大眾的關注，這對節約資源、改善空氣和水的質素、減少固體廢物都很重要，對改善整體的生活質素也有幫助。

此教材是參照課程發展議會與香港考試及評核局聯合出版的「通識教育科課程及評估指引」中的「能源科技與環境」單元編制，適合中四至中六的教師與學生於課堂使用。高能效建築物課題納入新的通識課程，無疑是合適且必要的。

此教材介紹了建築物的能源使用、高效能和環保建築設施，以及可持續資源和可再生能源在建築物的發展和融合。

通識課程的主要目標是促進學生的獨立思考，培養他們的反思及批判能力。因此，此教材包含新聞摘要和相關課題，例如能源審計和管理、建築物能源效益守則、建築評估計劃等。

此教材透過提供豐富的資訊，旨在協助學生認識能源與生活之間相互影響的關係，並增強他們批判思考的能力，以了解及評估不同的能源課題對環境和生活所帶來的影響。最重要的是，訓練學生從不同角度來詮釋資料，從而能夠形成及發表獨立的觀點。

我們希望教材可以幫助學生更加瞭解採用環保建築設施是明智的抉擇，並使他們對節約能源和高能效建築物有更明確的意識。



# 1 建築物的能源使用

能源效益和氣候變化是很多國家和經濟體系的優先施政綱領，香港亦不例外。香港的建築物佔總電力消耗量約百分之九十，改善建築物的能源效益對減低碳排放極為重要。

自1998年，機電工程署已發佈一套建築物能源效益守則和推出「香港建築物能源效益註冊計劃」，以推廣符合建築物能源效益守則達至改善建築物的能源效益。建築物能源效益守則定出四類屋宇裝備裝置的最低能源效益要求，包括照明、電力、空調和升降機及自動梯。這四類屋宇裝備裝置共佔現代化辦公大廈約百分之八十電力消耗量。



綠建環評證書



## 你知道嗎?.....

建築物在發達和發展中國家消耗了大量的能源。建築領域佔了社會的總能源消耗量30% 至50% 是相當普遍的現象。全球約40%的能源是由建築物的照明、冷暖氣和其他操作裝置所消耗，這等於全球溫室氣體排放量的21%。因此，為了應付氣候變化，建築物的能源效益已成為多國政府深入研究的議題。

建築物能源效益守則、建築物能源效益登記和標籤計劃都是以裝置節能設施及可再生能源技術作為主要考慮。環保建築的概念更廣闊，包括地盤管理、物料選擇、水的使用、室內環境質素等。環保建築標籤計劃已在多個國家推出，鼓勵以嶄新的方法減少建築物從設計、興建、運作、保養、翻新和拆卸的整個過程中對環境的負面影響。不同國家有不同的計劃，不過其目標和內容是大同小異的。

澳洲	綠星	<a href="http://new.gbca.org.au/green-star/">new.gbca.org.au/green-star/</a>
日本	建築環境總合性能評價系統	<a href="http://www.ibec.or.jp/CASBEE/">www.ibec.or.jp/CASBEE/</a>
新加坡	綠標記	<a href="http://www.bca.gov.sg/green_mark/">www.bca.gov.sg/green_mark/</a>
英國	建築研究院環境評審法	<a href="http://www.breeam.com">www.breeam.com</a>
美國	能源和環境設計領先認證	<a href="http://new.usgbc.org/leed">new.usgbc.org/leed</a>



## 你知道嗎?.....

香港有多個關注環保建築的協會和議會，包括香港綠色建築議會 (Hong Kong Green Building Council)、環保建築專業議會 (Professional Green Building Council) 和香港環保建築協會 (Building Environmental Assessment Method Society)。從2006年起，它們每兩年便頒發環保建築大獎 (Green Building Award)。



## 你知道嗎?.....

建築環境評估法 (BEAM) 是自願性的評估計劃，為一系列與建築物的規劃、設計、興建、校驗、管理、運作和保養有關的可持續發展議題訂定表現準則。

資料來源：綠建環評

## 強制性實施能源效益守則



《建築物能源效益條例》的實施

社會普遍認為，在香港推廣建築物能源效益，對改善全港的能源效益和減少溫室氣體排放有極大幫助。為了進一步改善建築物的能源效益，香港特區政府在2008年決定立法強制實施《建築物能源效益守則》。新的《建築物能源效益條例》（第610章）因此在2010年12月刊憲，以便於2012年9月全面實施。《建築物能源效益條例》奠定法律基礎，透過要求強制遵守《建築物能源效益守則》和《能源審核守則》，以持續減少建築物的能源使用量。

下表顯示《建築物能源效益守則》由自願參與計劃轉為強制參與計劃及《建築物能源效益條例》制定工作的里程碑。

年份	里程碑
1998 - 2007	根據香港建築物能源效益註冊計劃，機電署制定規範照明、空調、電力、升降機及自動梯裝置的《建築物能源效益守則》，並以自願參與方式實施
2007 - 2008	政府在2007年12月至2008年3月期間，就強制實施《建築物能源效益守則》進行公眾諮詢
2010	政府提交《建築物能源效益條例草案》，該草案於2010年11月獲立法會通過，並於2010年12月刊憲成為《建築物能源效益條例》（第610章）
2011	政府把各項附屬規例及守則刊憲
2012	政府在2012年全面實施《建築物能源效益條例》（第610章）
2013	政府推出《建築物能源效益守則技術指引》和《能源審核守則技術指引》的2012年版刊憲
2014	政府展開《建築物能源效益守則》和《能源審核守則》首次全面檢討
2015	政府完成檢討，並把《建築物能源效益守則》和《能源審核守則》的2015年版刊憲
2016	政府推出《建築物能源效益守則技術指引》和《能源審核守則技術指引》的2015年版刊憲
2017	政府展開《建築物能源效益守則》和《能源審核守則》的2018年版第二次全面檢討
2018	政府完成檢討，並把《建築物能源效益守則》和《能源審核守則》的2018年版刊憲

《建築物能源效益守則》及《能源審核守則》第一版於2012年發出後，機電署會按最新的科技發展，每三年檢討該兩份守則一次。檢討目的旨在收緊及提升現有《建築物能源效益守則》訂定的能源效益標準及《能源審核守則》訂定的能源審核規定。

預計直到2025年，香港所有新建建築物可節省約50億度電，相當於約350萬公噸的二氧化碳排放量。

2018版本的《建築物能源效益守則》及《能源審核守則》已於2018年11月16日刊憲。本署與來自相關專業機構，行業協會，顧問/承包商協會，大學學術界和政府部門的6個工作組的會議亦已完結。



能源審核守則



建築物能源效益守則



### 你知道嗎?.....

建築物佔香港總電力消耗量約90%。透過提升建築物的能源效益，可以有效地減少溫室氣體排放。機電工程署於1998年10月推出自願參與的香港建築物能源效益註冊計劃，以推廣在新建及現有建築物應用《建築物能源效益守則》。

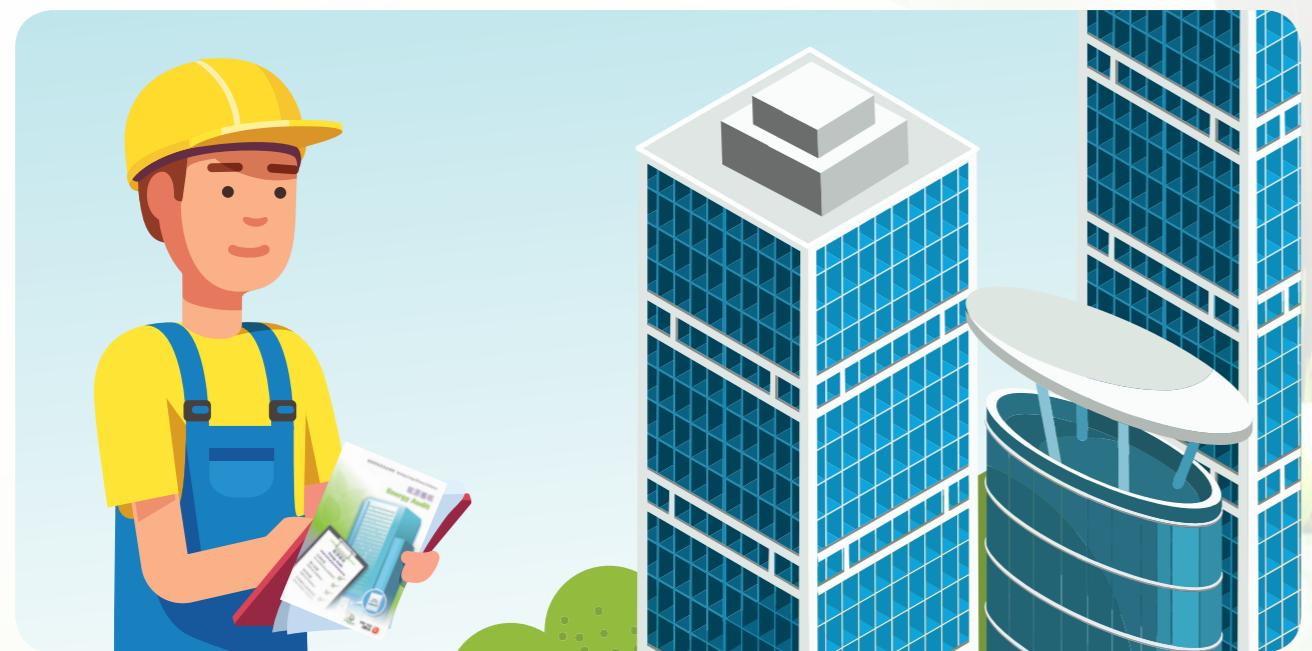
資料來源：《建築物能源效益條例》網頁

## 建築物能源審核

能源審核是定期檢查建築物的能源使用，確保能源是有效地使用，這和財務帳目的審核有很多相似的地方。審核員審查建築設施的耗能帳目，檢查建築物不同部份如何使用能源，找出有效的改良方法，改善建築物的能源效益。

根據《建築物能源效益條例》，商業建築物和綜合用途建築物的商業部分的擁有人必須每十年委聘「註冊能源效益評核人」進行能源審核，並確保完全符合《能源審核守則》訂明的規定。此外，機電署已出版《能源審核指引》，就建築物的能源審核建議多項技術規定。

指引提出三類能源管理機會（Energy Management Opportunities）。能源管理機會是達致能源效益及節約的方法，很多節能的機會都可以在能源審核時找出。



## 能源審核的好處

透過找出和實施能源效益及節約的方法，你會付出較少的能源費。而且能源的消耗越少，燃燒的化石燃料就越少，電力公司就可以相對地減少污染物和溫室氣體的產生，令每一個有關單位都能為環境保護和可持續發展作出貢獻。



## 能源管理機會

### 第一類：

不需要任何投資，對建築運作不構成任何干擾。它通常指簡單容易的內務管理措施，例如無需使用空調和電燈時，關掉它們；夏天時盡可能使用自然的通風或風扇，拉低窗簾，減少陽光的直接照射。

### 第二類：

需要少量投資，對建築運作構成少許干擾。通常花費合理的金額可以節省更多金錢，例如裝置時間掣來關掉設備，和用電子鎮流器取代傳統的電磁鎮流器。

### 第三類：

較高的資金投資，對建築運作構成較大干擾。這種EMO通常可以節省大量的金錢，例如裝置可變速驅動器，更換冷凍機和裝置功率因數校正設備。

## 政府建築物的重新校驗先導計劃

機電工程署一直以來都是節約能源的合作者及促進者，並積極地推廣「重新校驗」，以進一步改善及提升現有建築物的能源效益。

「重新校驗」是一項有系統及成本效益的檢測方法，藉着定期檢查既有建築物的能效表現，並通過專業的數據追蹤、分析及診斷方法，「重新校驗」可以幫助我們制定一套以科學為本的優化方案，達致持續改善屋宇裝備裝置的能效表現。

機電工程署於不同規模、用途、年齡和能源年耗量的現有政府建築物選定進行重新校驗先導計劃的試點項目。被選定的政府建築物包括辦公室、教育服務中心和市政服務大樓。

每所先導計劃的建築物，均根據《重新校驗技術指引》內所述的四個階段進行。

- ✓ 第一階段【規劃】－主要是收集建築物的資料及進行初步的現場考察。
- ✓ 第二階段【調查】－量度及分析運行數據及找出節能機會（ESOs）。
- ✓ 第三階段【實行】－於短時間內調校偏離原先設定的控制器及實行節能機會（ESOs），以達至最佳運作。
- ✓ 第四階段【持續校驗】－報告改善措施及向物業管理的行政人員講解持續保持“高”能源效能的方法及管理。



檢查現有建築物性能及效益  
資料來源：機電工程署



重新校驗技術指引

在重新校驗先導計劃中，我們能找出很多不同的節能機會（ESOs），由一些系統調校（例如：調整時間控制、優化運作控制次序、充分利用能源管理系統、校準控制感應器／執行器、減低鮮風、檢視設定點（溫度及靜態壓力）、微調煤氣和空氣供應比率以提高鍋爐燃燒效率，及進一步調整照明水平等），到一些涉及資金投資的建議，例如：加裝有需求控制功能的感應器及執行器、安裝變速驅動器、修改及提升現有大廈管理系統及更換設備等。

通過實踐這些節能機會（ESOs），每年可以節省2,300,000度電，約相等於相關大廈每年總用電量的5%。這些節能機會（ESOs）的回本期由數月至數年不等，平均為3年。政府建築物的重新校驗先導計劃，不單展示了重新校驗所帶來的好處，亦為

《重新校驗技術指引》提供了真實的例子以作參考，也為一些計劃進行重新校驗的持份者分享了寶貴的經驗。在未來的日子，我們會選定更多的政府建築物推行重新校驗，進一步提升建築物能源效益。



### 你知道嗎？……

#### 甚麼是節能成效合約？

一些節能計劃需要大量投資，業主或許不願意出錢或沒有足夠的資金。他們可利用機器或設備的節能潛力來換取資金，提升物業的能源效益。

節能成效合約的服務提供者能提供財政和技術支援，提升這些處所的節能成效。保證節省的款項可用以支付能源效益裝置的費用，業主無須預付資本開支。

只要業主願意採用嶄新科技，節能成效合約適合任何經常使用而節能潛力高的處所。

## 2 高能效建築物的特色

### 高能效建築物的重點

#### 環保建築特色

建築物可以加進一些特色，令它更有效利用自然資源，減少能源消耗。日光遮陽裝置可以減低建築物的空調系統負荷，並且能增加日照在建築物內的應用，而節能窗戶和玻璃窗系統，例如多層玻璃窗、透明塗層，可以減低熱傳遞。屋頂綠化也可以幫助減輕城市熱島效應，減少來自屋頂的熱量，其屏蔽效應可以保護屋頂材料。

#### 結合可再生能源科技

太陽、風力、潮汐、海浪、地熱和水力都是可再生能源的例子，既不會耗盡，也不會污染環境。例如，太陽能熱水系統可以用來提供熱水，太陽能發電系統可以用來發電，提供補充電力。



零碳天地



#### 你知道嗎?.....

獲環境及自然保育基金撥款4.5億元的建築物能源效益資助計劃在2009年4月正式推出。能源及二氧化碳排放綜合審計項目和能源效益項目都在資助計劃的範圍內。根據該計劃，逾1,000宗申請已獲資助，涵蓋超過6,000幢建築物。



#### 自然採光和通風

自然資源用之不竭，應該早在建築物的籌劃階段便納入設計之中。只要有合適的建築設計，如窗戶的朝向，自然空氣的流動便可以在建築物內作通風使用。建築物也可以設計成盡量利用日照來作照明。

#### 節能技術在建築物的應用

建築物設有多種電力裝置，提供不同的服務給用戶，令建築物消耗大量能源。在不影響環境舒適和方便的前提下，可以在多種屋宇裝備應用節能技術，例如空調、照明、升降機及自動梯、電器設備等以減少能源消耗。以下列表舉出不同系統應用的技術例子。

系統	技術
空調	<ul style="list-style-type: none"><li>● 可變速驅動器</li><li>● 熱力回收</li><li>● 使用淡水冷卻塔的水冷式空調系統</li><li>● 區域供冷系統</li><li>● 需求監控系統</li></ul>
升降機及自動梯	<ul style="list-style-type: none"><li>● 變壓變頻 (VVVF) 控制器</li><li>● 善用能源裝置</li><li>● 按需求服務 (SOD) 的自動梯</li><li>● 升降機反饋制動系統</li></ul>
照明	<ul style="list-style-type: none"><li>● 緊湊型熒光燈 (CFL)</li><li>● 發光二極管 (LED)</li><li>● 電子鎮流器</li><li>● 數碼可編址照明接口 (DALI)</li><li>● 自動照明控制</li><li>● 日光感應控制</li></ul>

## 3 實現高能效建築物

### 建築物外殼

建築物外殼是建築物室內與室外的分隔，包括地基、屋頂、牆、門和窗戶。它是調節室內溫度的熱障，影響保持舒適所需的能量。建築物外殼應盡量減少熱傳送，以減少室內供暖和製冷的需要。

建築物外殼也可以影響所需的照明能量。建築物外殼的改良，令新建和現存的建築物有很大的潛力來減低溫室氣體的排放，也使用戶得到多樣的好處，包括減低能源費用、改善舒適度、濕度和噪音控制。



小西灣綜合大樓  
資料來源：思卓設計顧問有限公司



#### 你知道嗎？……

總熱傳送值 (OTTV) 是量度透過建築物外殼進入建築物的平均熱增量。

作為最低能源效益要求，《建築物（能源效益）規例》（第123M章）訂明對建築物外殼的OTTV的管制，以限制太陽熱增量：樓層的OTTV不得超過24瓦特 / 平方米，平台的OTTV不得超過56瓦特 / 平方米。

### 減少建築物能源消耗

高能效建築物可以利用順應自然的設計來減低它的能源需求。高能效建築物的設計方法包括採用環保建築特色、使用可持續資源和應用節能科技。

### 環保建築特色

#### 日光遮陽裝置

進入建築物內部的太陽光會以不同形式影響建築物的能源消耗。在夏季，建築物吸入過多的太陽熱能會增加空調系統的負荷和電力消耗。在冬季，太陽光可以為建築物提供熱能。一年到晚，陽光總是源源不絕。設計得宜的遮陽裝置可以有效地降低建築物的空調系統負荷，增加日照在建築物內的應用。遮陽裝置也可以有效地降低房間內部的反差比，從而消除眩光。

對外的窗戶可以利用自然景觀，例如樹木和小山，或者利用懸掛遮擋、遮陽篷、鰭狀遮擋和格子棚等建築設施來遮擋陽光。安裝固定的遮陽裝置可有效地為大廈用戶提供舒適的感覺和視覺。固定遮陽裝置的設計取決於太陽在一天和一年中的位置變化，例如在夏季，太陽位於較高的角度，這時在南面的窗戶上使用懸掛遮陽裝置是最有效的。而在冬季，在南面的懸掛遮陽裝置便能讓位於較低角度的陽光進入室內以提供熱能。但是，這種固定的懸掛遮陽裝置對於早上和下午、低角度射進東面和西面窗戶的陽光起不了遮擋作用。



維多利亞公園游泳池  
資料來源：政府新聞處



## 建築物外部的一般遮陽裝置

- 在南面的玻璃上可使用固定的懸掛遮陽裝置，以減少直射的太陽光線。而散射（非直射）的太陽光線可以利用其他方法控制，例如低放射性玻璃。
- 減少在東面或西面的玻璃面積。若果遮陽裝置的投影相當深或密，可以考慮固定的垂直或蛋簍式遮陽裝置，不過這或會減低視野。在香港所處的地理位置，北面的窗戶很少受到太陽光的直射，因此一般都不需要在這方向安裝遮陽裝置。
- 因為太陽熱能已透過窗戶進入室內，內部遮陽裝置如百葉簾或垂直百葉，並不會降低空調系統的負荷，但是這些裝置可以減少眩光的產生。
- 遮陽裝置的耐用性也需要考慮，可調式遮陽裝置通常需要更多的檢查和維修。

外部遮陽裝置如與透明玻璃外牆結合使用，遮陽效果特別顯著。不過，目前市場上有各類高性能玻璃供應，例如低放射性玻璃。因為透過這類玻璃傳入建築物的太陽熱增量非常低，這些新型玻璃產品降低我們對外部遮陽裝置的需求。儘管如此，但是安裝設計良好的固定遮陽裝置仍然是減少直接太陽熱增量的最有效方法。



機電工程署外部遮陽設備

資料來源：機電工程署



玻璃幕牆

## 窗戶和玻璃窗

窗戶是一個重要的建築元件，為建築物內部提供天然採光和通風。許多研究顯示，擁有足夠自然光和良好通風的室內環境可以使用戶更健康、舒適和更具生產力。但是，窗戶同時也對熱量、視覺和溫度帶來負面影響。在住宅和商業建築物中，熱量會經窗戶進入或流失而導致大量能源消耗。

近年，窗戶設計經歷了一場科技改革。市場上現有的節能窗戶和玻璃窗系統可以大大降低建築物的能源消耗。這些高性能的窗戶都有多層玻璃結構、特殊的透光塗層、在玻璃面之間加入絕緣氣體以及改良的窗框。這些特徵都可減少傳熱量，因此能降低來自窗戶對建築物帶來的能源負荷。

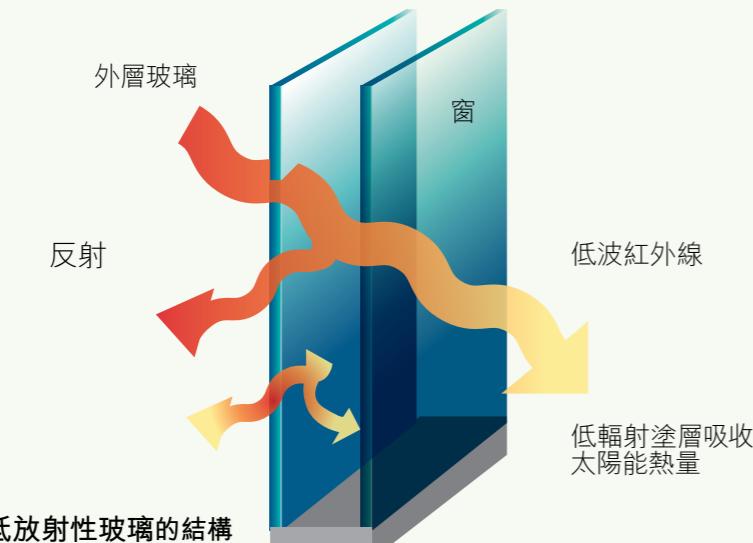
窗戶所用的材料、製造方式，以及不同的處理方法，都可以決定玻璃窗裝置的特性。

選擇最佳的玻璃窗取決於當地的氣候、朝向、遮陽和內部空間的應用，以達到低熱傳導、低熱輻射傳送和高能見度。總熱傳送值（OTTV）可以用來量度建築物在太陽熱增量和熱傳導兩方面的基準。



## 你知道嗎?.....

Low-e 玻璃即是低放射性玻璃。這種玻璃有一種特殊的金屬塗層，可以反射大部分紅外線，同時又讓大部分可見光通過。低放射性玻璃能夠過濾太陽的長波輻射以減低對太陽熱的吸收，這可減少進入建築物內部的太陽熱量。



## 你知道嗎?.....

太陽隔熱膜可以減低來自窗戶的熱量，同時提供戶外環境的視野。機電工程署也製作了小冊子介紹它的應用和選擇。



## 屋頂綠化

屋頂綠化是一種由防水膜和其他部件層組成的屋頂裝置。那些組成的部件層包括供植物生長的媒介、排水設施和根部保護系統，讓植物在整個或者部分屋頂上繁殖。屋頂綠化的應用廣泛，可以用於工業設施、住宅、辦公室和其他商業大廈。這可減少進入建築物內部的太陽熱量。

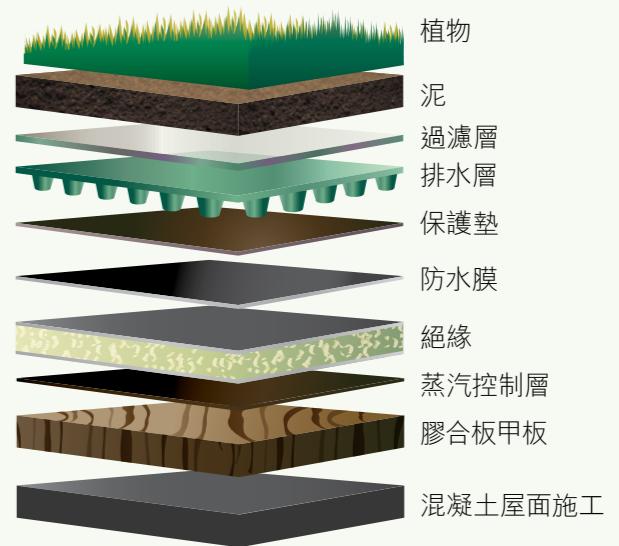


在九龍城一號及二號污水泵房的屋頂綠化  
資料來源：水務署



## 你知道嗎?.....

典型的屋頂綠化是由許多不同的分層組成，這些分層有的為植物提供營養和支撐，有的為下面的防水系統提供保護並且利於排水。下圖是屋頂綠化的典型結構。



屋頂綠化的典型結構

## 屋頂綠化的優點包括

### 減輕城市熱島效應

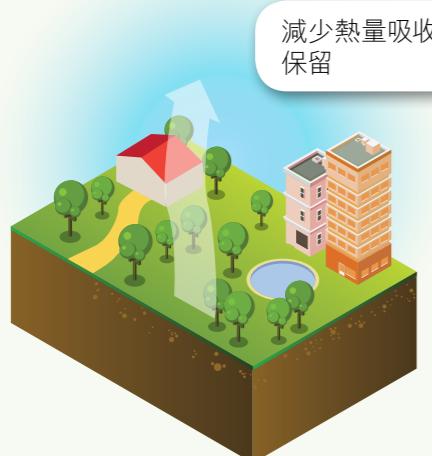
減輕城市熱島效應可減少城市裏的灰塵、空氣的懸浮物質和煙霧的產生。利用屋頂綠化取代傳統的屋頂可以藉著植物的蒸騰作用和光合作用來降低屋頂上部的氣溫。根據香港一個研究個案顯示，與傳統的屋頂比較，綠化天台可以把屋頂的溫度降低10至30度。



### 你知道嗎？……

城市的溫度一般比其周邊的鄉村地區為高。這就是城市熱島效應，主要是由城市的大幅表面吸收了太陽輻射後所產生。

農村



城市



城市熱島效應

### 減少來自屋頂透進的熱量

綠化天台可阻隔熱量由屋頂傳入大廈內，亦可以減少空調系統因製冷而消耗的能源。使用密度低及較濕潤的土壤可令屋頂綠化的隔熱效果更顯著。在一些亞熱帶地區如香港，用在空調系統的能耗非常高，所以減少熱量傳入屋內的好處就更為明顯，但是這些好處在多層大廈上較不明顯，因為多層大廈的屋頂面積跟整座大廈外牆面積的比例較少。

### 延長屋頂材料的使用壽命

屋頂綠化可以保護屋頂的防水結構，其價值在海外逾三十年的經驗中得到了證明。屋頂綠化的多層結構為屋頂材料提供保護，有以下列三種方式：

- 保護其不受人類、動物活動和碎片等造成的損傷；
- 保護其不受紫外線輻射影響；
- 緩衝氣溫升降對其造成的影響，減少因熱脹冷縮對屋頂材料造成的損害。

### 減少傳聲

屋頂綠化的多層結構可以隔聲。它可以吸收、反射或發散由機器、車輛或飛機所產生的聲波。其基層組織可阻隔低音頻的聲波，而其上面生長的植物可以阻隔高音頻的聲波。

### 延緩雨水排放

在暴雨期間，屋頂綠化可以吸收大量流過屋頂的雨水以減少排放。與傳統的雨水排放系統比較，綠化屋頂不引人注意、維修費用低和可靠。

## 其他優點

除了上述優點之外，採用屋頂綠化還可以為一般昆蟲或動物提供棲息空間，減低二氧化碳的排放，減低空調所需的功率，同時美化環境。

進行設計綠化天台時，需要考慮很多因素：

- 氣候，尤其是氣溫和降雨量的變化
- 建築物結構的強度
- 屋頂的面積、高度和朝向
- 屋頂防水層的類型
- 可見度和與建築物之間的相容性

## 利用可持續資源

在建築設計中應利用更多可持續資源，這不僅對環境生態有利，而且能促進經濟效益。

## 自然通風

自然通風是指用自然方法為室內空間提供或抽走空氣，過程中無需使用風扇或者其他機械裝置，而是利用建築物與外界環境之間的氣壓差提供通風和空間冷卻。

## 自然通風的好處

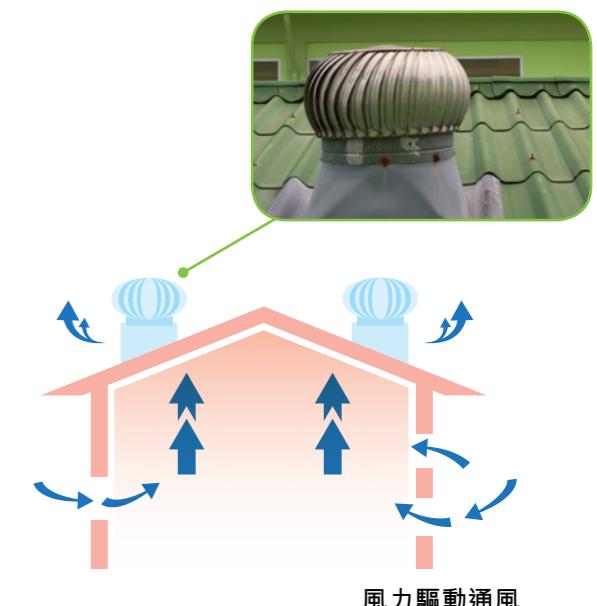
自然通風提供免費的戶外空氣，給予用戶一個安全、健康和舒適的室內環境。精心設計的自然通風可以削減建築施工和運作成本，並且可以減少空調和風扇的能源消耗，室內的噪音因而減低。

## 自然通風的類型

基本上，可以應用於建築上的自然通風可分為兩類：風力驅動通風和熱壓作用通風。兩類的自然通風都是由於自然形成的氣壓差引起的。風力驅動通風是利用自然風力引起的氣壓差，而熱壓作用通風則利用氣溫和濕度差異引起的上升浮力所產生的壓力。因此，要這兩種自然通風方式發揮最大效果，需要採取不同的建築設計。

### 風力驅動通風

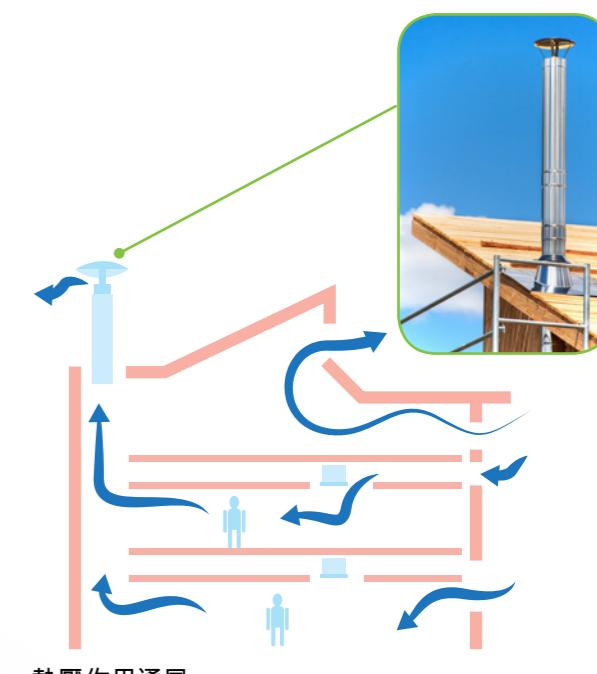
當自然風吹過建築物時，迎風牆上產生直接的正壓力，而繞著建築物流動的氣流在離開建築物的背風牆時形成負壓力，這現象稱為吮吸效應。如果建築物的迎風牆或背風牆上有開口，新鮮空氣就會從迎風牆的開口中進入，然後從背風牆的開口中流出，從而平衡迎風牆和背風牆上的壓力。建築物的外形對利用風力作建築物的通風是非常重要的。建築物的外形可以造成風壓，從而有效地驅使氣流流過建築物的開口部分。



### 熱壓作用通風

上升浮力驅動下產生的自然通風可以是由氣溫差異造成（又稱為熱壓作用通風），也可以是由濕度差異造成（又稱為冷卻塔）。採用熱壓作用通風十分普遍。由住戶和電力設備所產生密度較小的暖空氣上升時，溫度較低的新鮮空氣便從下方的開口中進入，使空氣流通。

由於熱壓作用通風不依賴風力，在進風口的設置上有較少限制。遇到無風的夏季，自然形成的熱壓作用仍能產生相對穩定的空氣流動。不過，熱壓作用通風十分依賴室內和室外的氣溫差異。



# 建築物的能源效益

## 自然通風的設計策略

設計自然通風時，應該融合風力驅動和熱壓作用兩種通風方式的設計概念。一般的設計考慮不是增加空氣流通，就是減低熱量，令自然通風可以有效地使建築物內的空間降溫。機械式降溫及通風系統會用來輔助自然通風系統。通過降低空間的熱量，可以減少散熱所需的空氣流動，從而降低對於機械式降溫系統功率的需求。

## 自然通風系統的設計

為了裝置一個建造可靠、能源效益高的通風系統，我們必須清楚知道建築物的限制，並且利用各種設計策略，將它們融合到建築物設計中。這些限制包括建築物類型、當地環境、氣候和建築規則 / 指引。

建築物類型通常是指建築物的用途、外形、擬建建築的座向，以及窗戶大小和位置。當地環境指的是當地一般常見的風向、空氣質素和周圍的結構。氣候是指當地的氣溫和濕度。建築規則 / 指引指的是當地規則、標準（例如美國供暖製冷及空調工程師學會）或指引。



### 你知道嗎？……

ASHRAE 是指美國供暖製冷及空調工程師學會，是國際性的技術學會。它發表了一系列關於供暖、通風、空調系統及議題的標準 / 指引，深受專業認可。

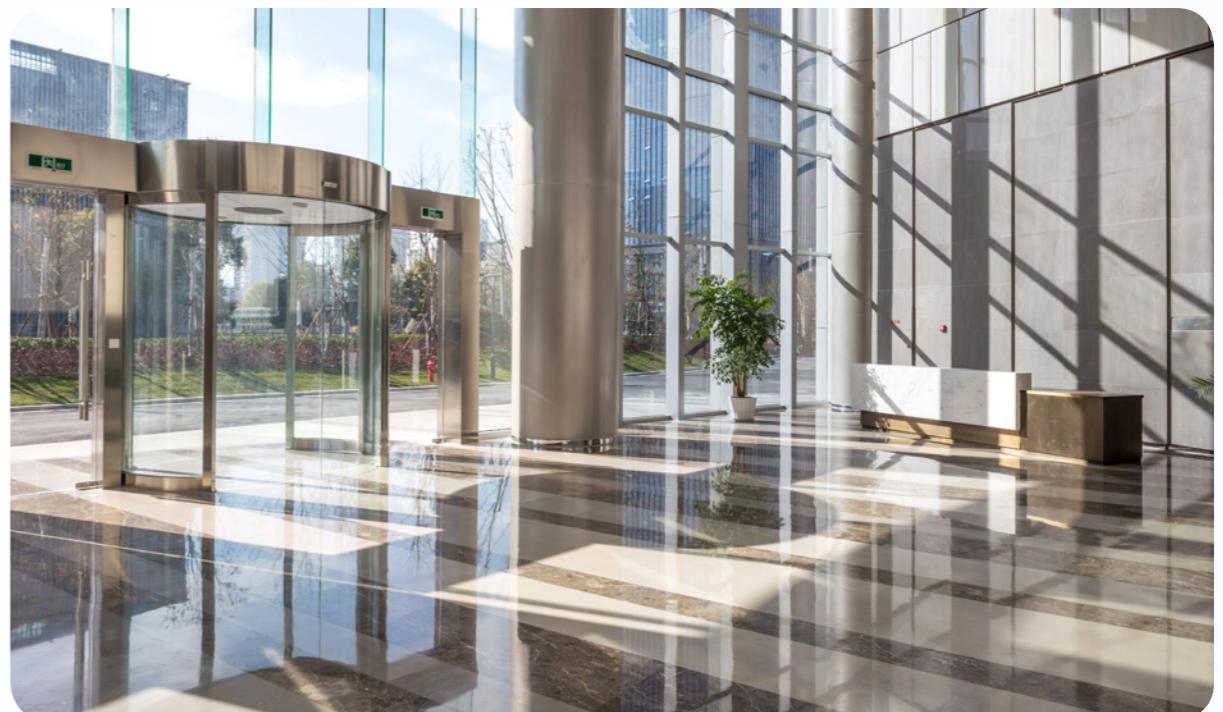
資料來源：美國供暖製冷及空調工程師學會

## 自然採光

另一種節能方法是利用日照照明。一個設計得宜的照明系統是要配合人工照明和天然採光。例如電燈在有日照的時候會自動調暗或關掉，這可降低建築物的照明和空調系統的負荷，藉此節省能源。

## 自然採光的好處

自然採光還能提高視覺的舒適度。根據最新的研究顯示，天然光能夠提高人們在學校和辦公室的工作 / 學習效率及促進健康，為使用者提供一個更具生產力的環境。



自然採光

## 天然採光的設計

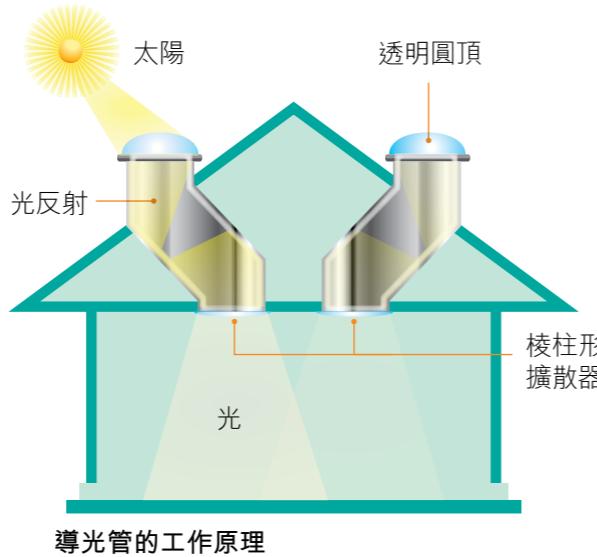
多種設計概念和策略可以把日光引入建築物。把日光收集並將之引入建築物的方法包括使用窗戶、照明架、導光管和天窗。這些方法都是利用開口直接採集光線或者通過通道將光線引入到所需的空間。窗戶的位置和設計可以大大影響利用日照照明的效率。而建築物的座向、當地天氣，或者潛在的障礙物都會影響光線的採集量。

天然採光的設計大致可分為兩類：側窗

採光和頂窗採光。兩種設計最大分別在於側窗採光是從大廈的周邊採光，頂窗採光是從建築物的頂部採光。使用何種採光方式就取決於建築物的佈局、朝向和周圍環境。



在辦公室的側窗採光



導光管的工作原理



在香港國際機場的頂窗採光

除了以上一些方式外，還可以利用導光管把日光引入室內。導光管是用來收集日光並將它反射到室內的裝置。導光管通常是由放在屋頂的集光器、含高度反光內壁的導管和散光器組成。利用導光管不單可以讓日光照射到周邊區域，還可照射到房間內部。

## 天然採光設計的考慮

採用天然採光的建築物，其設計必須作出小心評估。電力照明和室內設計需要特別考慮。設計師需要思索如何把自然光引入建築物，電力照明的負荷如何改變，以及如何令裝置更有效率地操作。以下是這些考慮因素的簡要描述。

### 採光窗戶的位置

在決定採光窗戶的位置時，房間的尺寸比例是一個重要的考慮因素。房間的樓底較高，日光就可以通過側窗或天窗透進室內較深處。而位置較高的窗戶亦可使日光透進房間的內部，使日光佈置更平均。但細小而又分散佈置在外牆上的窗戶會導致日光不平均和使人產生不適的反差效果。

### 室內表面的反射率

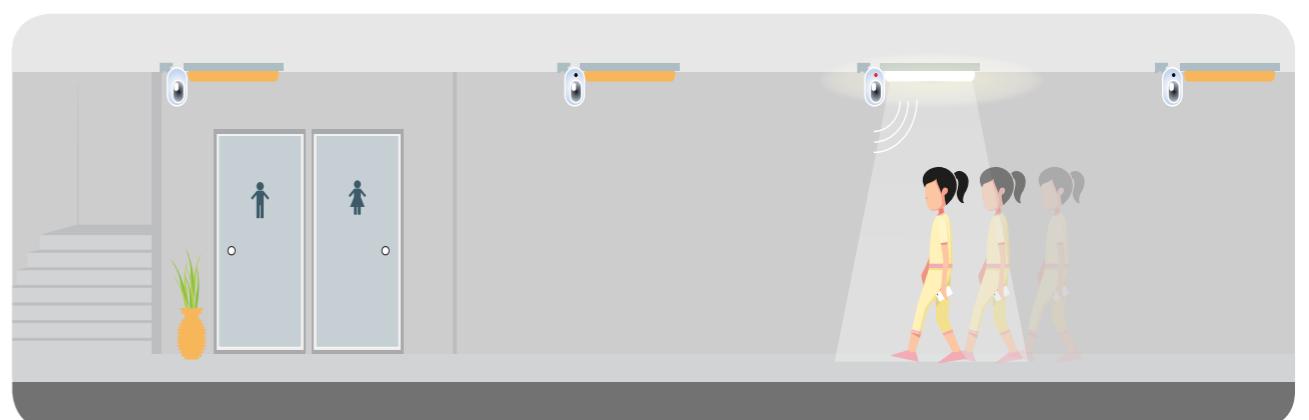
室內不同表面的反射率會明顯影響日光的照明效果，所以反射率應該越高越好。在不同表面中，天花板對日光反射的影響最大。在較小的房間，背牆是僅次於天花板對日光反射影響最大的表面，因為它直接朝著窗戶。

### 與人工照明控制的協調

成功的天然採光設計不僅是優化建築設計，而且還需要配合人工照明系統，才可以充分利用天然採光。當日照足以為工作區域提供一定程度的光度時，有關的電燈可以調暗甚至關閉。現時常見的人工照明系統是使用移動感應器和光敏感測器來控制其亮度。



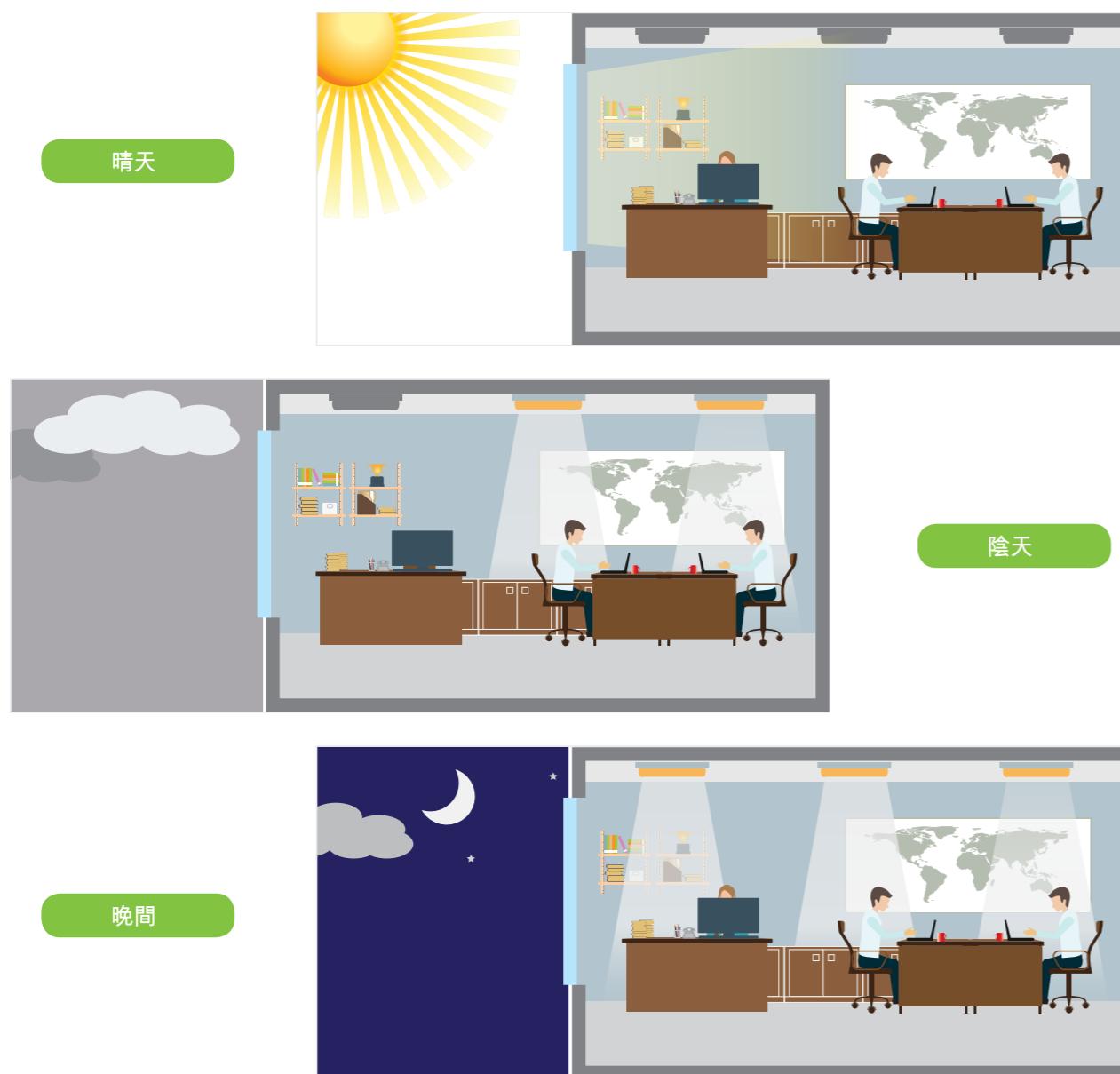
移動感應器



移動感應器控制照明系統的概念

## 人工照明設計協調

人工照明和天然採光設計要互相配合才可令系統有效地運作。電燈的佈置和線路應該與窗戶的位置適當配合。例如，房間只在一堵牆有窗戶，採用典型的側窗採光設計時，電燈應該排列成行與窗戶平行。這樣最近窗戶的一列電燈會首先調暗或關掉，繼而到下一列，如此類推。



人工照明設計協調

## 可再生能源

在建築物內採用可再生能源技術應被廣泛地研究和應用。每一種可再生能源都有其內在特性，可以有效地融入建築設計。太陽能和風能是最常見的可再生能源。

個人、小企業和社區可以選擇利用「小規模產電」的概念來滿足熱能或電力的需求，而非傳統的中央電網。只要有適當的設備，如太陽能發電系統、小型風力渦輪機、小型水力發電機和地源熱泵，都可以實現低碳或甚至零碳足印的建築目標。



### 你知道嗎？……

#### 將軍澳運動場

將軍澳運動場是東亞運動會的主要場地，它不單在社區培養體育文化，同時亦向公眾展示了一流國際場館的可持續、節能設計。運動場的其中一個重要的可持續特色是透過以下設施來利用可再生和清潔的能源：

- 裝置50塊太陽能板（實用面積 $90\text{m}^2$ ）來提供熱水，估計能量輸出有76 kW；
- 裝置58塊（實用面積 $76\text{m}^2$ ）光伏板，估計能量輸出有10 kW。

資料來源：建築署



將軍澳運動場



## 4 應用能源效益科技和措施



時代廣場

### 空調

空調系統（Air conditioning systems）控制建築物內的溫度、濕度、空氣流動和質素，為用戶提供一個舒適的環境。熱力可以由戶外透過建築物外殼結構進入建築物，也可以由用戶和設備裝置所產生。辦公室的裝置、空調設備、照明設備、電力分配系統、升降機及自動梯等，運作時皆產生熱力。

空調的運作需要大量的能源。過去十年，空調系統佔了香港的總用電力量約30%，是住宅和商業建築物的主要能源消耗設備。當人口不斷膨脹，城市持續發展，空調系統的能源消耗大有可能持續上升。

《屋宇裝備裝置能源效益實務守則》列明建築物內的空調裝置在能源效益設計方面的最低要求。守則訂明空調裝置的設計參數和控制標準，以及空調設備的最低效能系數（coefficient of performance）。

建築物的空調系統要有節能效果，首先要有適當的設計。守則明確規定如何就溫度和相對濕度的條件來計算空調的負荷。溫度調節必須是自動控制。設定溫度必須能夠調節，可以高或低於指定的製冷和供暖的溫度。



建築物能源效益守則



### 你知道嗎？……

政府已就水冷式空調系統推出淡水冷卻塔（Fresh Water Cooling Towers）計劃。該計劃的主要目的是推廣具能源效益的水冷式空調系統。計劃適用於所有新建和現有非住用建築物及其他建築物，而其淡水作為蒸發式冷卻之用，須作為非住用用途。建築物的業主可為其建築物內的空調裝置申請使用淡水。機電署出版了一套《淡水冷卻塔實務守則》，為淡水冷卻塔的設計、安裝、測試、調試、操作和維修提供指引。



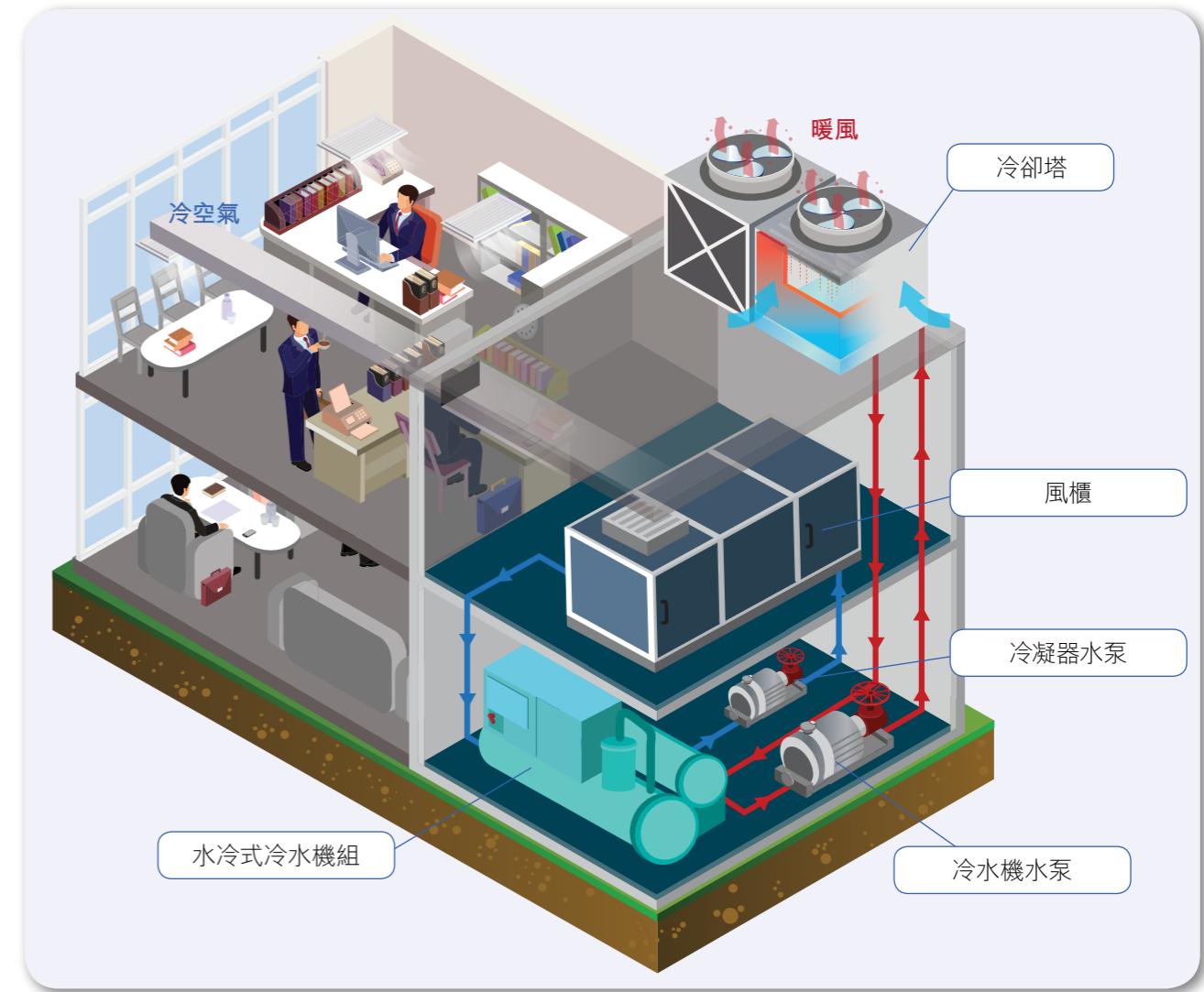
空調系統可以歸類為獨立系統和中央系統。獨立系統通常是窗口式或分體式冷氣機，為較小的空間製冷。中央系統用一系列的設備把冷氣傳送到建築物內不同的空間。這些系統需要風扇來引進和傳送空氣。守則明確規定分配系統的風扇發動馬力和空氣洩漏限制的要求，以確保空氣傳送的效率和限制由於洩漏而導致的製冷及風扇的電力流失。守則也訂明組件隔熱的需求。

根據不同冷凝器的冷卻媒介，空調系統可再分為兩類，即氣冷系統和水冷系統。氣冷系統適用於小型至中型的空調裝置，而安裝地點附近一般沒有方便和可靠的水源供應，所以需要大量的空氣來製冷，比水冷系統的用電量為高。

水冷空調系統比氣冷系統節省能源，所以轉用水冷空調系統可以節省大量的電力。水泵的速度必須能夠改變，當負荷的需求減少時，水的供應就可以降低。守則明確規定水冷空調系統的水泵系統所要求的改變度和摩擦力。



氣冷空調系統



水冷空調系統

## 區域供冷系統

區域供冷系統（District Cooling System）可被視為大規模的中央空調系統，當中包括一個中央製冷機機房，一個地下水管網，用戶分站內的連接設施例如熱交換器，以及用於散熱的海水/淡水系統。區域供冷系統把冷水分配給區域內多棟建築物，而非個別的建築物。個別用家可以為他們的建築物購買冷水，而不需要在建築物內裝置製冷設備。一些對熱力需求十分大的國家，設備也可用來提供熱水，成為區域採暖冷凍供應系統（District Heating and Cooling Systems）。

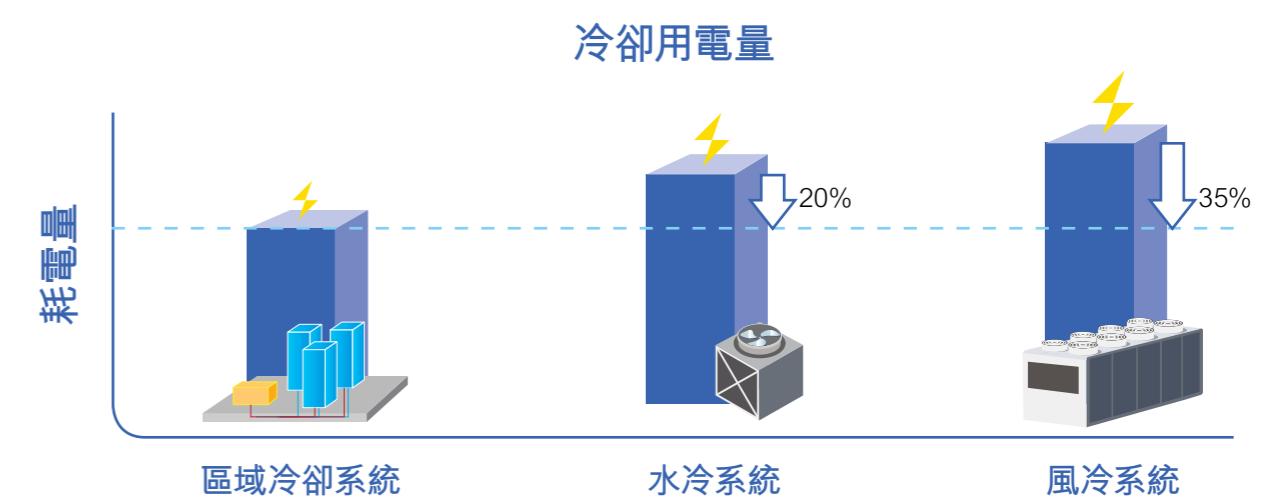
區域供冷系統是非常節能的供冷方案，充分利用規模經濟效益、不同建築物對冷氣需求的差異、以及設備操作和維修的高標準。雖然區域供冷系統的節能量取決於其佈局，例如配給管道的長度、排熱方法和其他設備的效能改善計劃，但是與傳統的中央氣冷空調系統比較，一般區域供冷系統可以節省35%的能耗。



區域供冷系統 - 區域供冷系統為整個區域提供冷水，而非單一樓宇。



啟德區域冷卻設備





## 你知道嗎？……

政府現正在啟德發展區建區域供冷系統，以供應冷凍水給建築物的中央空調系統使用。該區已規劃的公共及私人非住宅空調樓面面積為170萬平方米，需要約284兆瓦的製冷量。預計該系統落成後，每年將可節省最高達8,500萬度電，相當於每年可減少排放59,500公噸二氧化碳。



啟德區冷卻系統中心

資料來源：機電工程署



建設中的啟德區冷卻系統

資料來源：機電工程署



## 照明

照明是僅次於空調的第二大耗能裝置。過去十年，照明佔了香港的總用電量約15%。利用節能照明設備和日光可以減低照明的能源消耗。

《屋宇裝備裝置能源效益實務守則》列明照明裝置在能源效益設計方面的最低要求。

守則訂明不同種類空間的照明功率密度限制，作為照明能源效益的宏觀控制。這些限制連同發光效能要求，可防止空間過度照明。守則也規定，除停車場以外的任何空間均須按面積設有最低數目的照明控制點，方便用戶控制室內照明。此外，守則也引入自動照明控制（包括日光感應控制），以便在系統不需要以最高模式運作時減少用電量。



## 你知道嗎？……

### 慳電膽及光管回收計劃

慳電膽可以節省電力，減少溫室氣體的排放，但它含有少量的水銀。因此，處置用過的慳電膽時必須小心。



慳電膽及光管回收計劃，免費回收和處理家居各類含水銀的舊燈管，包括慳電膽、光管和高強度氣體放電燈。

參與此計劃十分簡單。市民只要小心包好回收的燈膽或光管，以免弄破，然後送交分佈全港的多個收集點，包括參與屋苑、商場和零售店。

資料來源：香港減廢網站

## 升降機及自動梯

升降機及自動梯在多層的建築物中把乘客送到不同的樓層，需要電力才可操作。升降機及自動梯有大功率的電動機，而且須全日運作，所以在香港商業大廈其耗能之高可跟照明裝置作比較。



升降機及自動梯



《屋宇裝備裝置能源效益實務守則》列明升降機、自動梯和乘客輸送機在能源效益設計方面的最低要求。升降機的電動機驅動裝置的功率限制，根據所運載的不同負載和速度而定，而自動梯和乘客輸送帶的功率限制，則根據其闊度、高度／長度和速度而定。

守則也訂明升降機及自動梯的能源管理。升降機及自動梯應配備電錶，以量度電力參數，如升降機及自動梯的耗能量。升降機閒置時，其通風設備應自動關掉，而在非繁忙時間內，應有至少一部升降機處於備用狀態。升降機及自動梯須分別設有按需求服務和反饋制動的功能。



## 你知道嗎？……

### 盡可能使用樓梯， 不用升降機及自動梯

使用樓梯是其中一種最佳方法，把鍛練身體的活動融入日常生活中。它還可以節省能源呢！

使用樓梯也可以為心臟提供心血管的運動，加強雙腿、臀部肌肉和骨骼的力量。它也是燃燒卡路里的有效方法。如果你重約120磅，沒有間斷地行樓梯約25分鐘，你會在這段時間燃燒204卡路里。

由今日開始改用樓梯吧！



使用樓梯

## 電力裝置

電力配給是供電給用戶的最後階段，由輸電系統經配給系統網絡供電給用戶。

《屋宇裝備裝置能源效益實務守則》列明建築物內的電力裝置在能源效益設計方面的最低要求，其設計不可影響電力質素、安全、健康、舒適水平、生產力或建築物功能。

根據守則，建築物內電力裝置的節能設計最低要求分為以下四類：

- 減低電力配給系統的能源流失
- 使用電力時，降低能源流失和損耗
- 降低因相關電力質素問題而衍生的能源流失
- 適當的電錶和能源監察設備

使用高電壓會令電力配給更有效率。守則要求高樓大廈要使用高電壓的配給系統。配給電路必須連接電錶裝置，以便監察和審核。守則訂明電力配給系統的變壓效率需求，並限制電力配給的能源流失和不同大小電線的電阻。守則也限制電動機的大小和效率。



### 你知道嗎?.....

建築物管理系統 (Building Management Systems) 通常是電腦操作的控制系統，監察和控制建築物的機械和電力設備，如照明、通風、暖氣、空調、保安和火警警報系統。建築物管理系統方便管理者獲取能源消耗的數據，並與預算作出比較，顯示節省或過度的能源使用。



## 5 維護高能效建築物

除了設計和安裝外，建築物的操作和維修也是影響達致能源效益的重要環節，而這取決於建築物用戶的合作。



技術人員檢查自動扶梯

### 適當的系統維護 空調系統

- 每月一或兩次清潔空調系統的隔塵裝置，確保氣流不受阻礙。
- 按維修計劃來清潔空調系統的內部，確保系統有效操作。
- 冲洗水冷空調系統的水管，減低水流摩擦。
- 調整風扇、水泵、發動機的軸。
- 修理或更換風扇、水泵的防振裝置。
- 更換鬆脫或陳舊的隔熱裝置。
- 修理已損耗的配件。
- 加入適量的潤滑油於移動配件(如軸承)。
- 把移動感應器、二氧化碳感應器、自動恆溫儀安裝在適當的位置，使系統能正確地反映狀況。
- 調節控制程序，以符合確實的操作需要。



定期清潔和維護



#### 你知道嗎?.....

建築物管理系統 (BMSs) 的特色如智能電錶不單能記錄總能源消耗，也能監察建築物內各系統的能源消耗模式。這有助設施管理者尋找一些隱藏著的能源浪費領域。

## 照明系統

- 更換失效的開關或感應器。
- 調低非工作間的亮度。
- 更改開關佈置，令用戶可以按其需要更有效地控制照明群組。
- 使用有感應器的電子自動控制系統，按不同時間的亮度需求來控制亮度。



電子自動控制系統

## 升降機及自動梯

- 讓控制程式學習用戶在不同時間的需求及流動模式。
- 在非繁忙時間停止某些升降機及自動梯的操作。
- 使用升降機客運管理系統，乘客可以在升降機大堂指示要到達的樓層。
- 升降機不在使用狀態時，關掉其照明和通風系統。
- 減少裝飾性的負重量。



升降機維護

## 預防供水系統的滲漏

供水系統的滲漏發生在現存和較舊的建築物。即使很小的滲漏在長時間也可以造成大量用水的流失，而導致配給和抽水系統的能源浪費。如供水系統的滲漏不作出即時維修，是足以破壞建築物的結構或電力系統。因此，建築物內的用水量須定期監察。

除了較舊的建築物，只要水管和固定裝置安裝不正確，或水管在施工過程中受損，供水系統的滲漏也會發生在新建的建築物。因此，配給系統的檢定測試，是整體建築物檢定測試過程中重要的部分。



水管維護

## 良好的內務管理方法

### 空調和通風系統

- 在夏天時，調校並維持空調室溫在攝氏24至26度。
- 在辦公室 / 會議室等房間使用完畢後，應立即關掉空調設備。並在房間出口貼上「節約能源」標貼以作提示。
- 空調設備開動後應保持門窗緊閉，並拉上窗簾或百葉簾遮擋陽光。
- 在低使用率的區域（例如會議室），安裝用戶 / 移動感測器，自動控制空調的開關。
- 把風機盤管的一般設定調為「低」扇速。如室內人數增多或熱量增大，可選擇較高扇速，而非把溫度調低。
- 穿輕便衣服可將空調設備使用量減低。
- 把空調設備和風扇結合使用，讓涼風分佈更均勻。
- 關掉非必要的燈飾和發熱電器以減低冷氣負荷。



使用窗簾或百葉簾遮擋陽光



### 電器和設備

- 把設備放在適當的位置，避免陽光直接照射。
- 在辦公時間啟動節能模式。
- 按個別情況，應透過「電能管理」功能使電腦進入靜止或休眠設定模式。
- 關掉顯示屏比使用「屏幕保護程式」更能節省能源。
- 使用智能拖板可自動關掉週邊設備，如顯示屏和打印機，以減少備用能源消耗。
- 把主要的服務集中在數個伺服器，並關掉其他不使用的伺服器。

良好的維修保養  
可達致更佳的節能效益  
是最好拯救地球的方法

## 參考資料

1. 機電工程署 ([www.emsd.gov.hk](http://www.emsd.gov.hk))
  - 展活力新里程：機電工程署大樓誌慶
  - 香港建築物能源效益註冊計劃
  - 啟德發展區區域供冷系統
  - 淡水冷卻塔計劃
  - 自願性能源效益標籤計劃
  - 強制性能源效益標籤計劃
  - 能源最終用途數據和消耗量指標及基準工具
  - 先進節能科技
  - 新及可再生能源
2. 能源資訊園地 ([www.energyland.emsd.gov.hk](http://www.energyland.emsd.gov.hk))
  - 能源審核與碳審計
  - 香港能源使用
3. 香港可再生能源網 ([re.emsd.gov.hk](http://re.emsd.gov.hk))
  - 可再生能源的全球透視
  - 電網接駁
  - 風力資源圖
  - 廢物轉化能源
4. 環境保護署 ([www.epd.gov.hk](http://www.epd.gov.hk))
  - 香港清新空氣藍圖
  - 香港氣候行動藍圖2030+
  - 碳審計及管理實用指南
  - 「咪噃嘢食店」計劃
5. 香港天文台 ([www.hko.gov.hk](http://www.hko.gov.hk))
  - 香港氣象要素之月平均值及極端值
  - 氣候變化
6. 香港減廢網站 ([www.wastereduction.gov.hk](http://www.wastereduction.gov.hk))
  - 減廢小貼士
  - 減廢計劃
  - 可回收物料與地點
7. 中華電力有限公司 ([www.clp.com.hk](http://www.clp.com.hk))
  - 可再生能源服務
  - 節能建議
  - 抵銷碳足跡
8. 香港電燈有限公司 ([www.hkelectric.com](http://www.hkelectric.com))
  - 南丫風采發電站