

科學圖書大庫

太陽能空調工程設計與經濟觀

譯者 張志純

徐氏基金會出版

TK 511
Z250

科學圖書大庫

太陽能空調工程設計與經濟觀

譯者 張志純

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年五月五日初版

太陽能空調工程設計與經濟觀

基本定價 3.20

譯者 張志純 前兵工工程學院教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
7815250號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號
承印者

大原彩色印製企業有限公司

台北市西園路2段396巷19號
電話：3611986・3813998

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尙有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員林碧鏗氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

1955/03

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯 序

中華民國六十五年雙十節余譯完「太陽能及風力利用之研究」一書，同年十二月二十日由徐氏基金會出版。該書能引起國內讀者對太陽能之興趣，惟語焉不詳，可資談助，不足以登堂，遑論入奧。

綜觀美國由於能源危機的影響，近年來積極從事新能源的研究。不過對美國民衆乃至國會來說，沒有一種新的嘗試要比「化陽光爲動力」更能引起他們無限的憧憬。

他們先從改良太陽能電池做起。在這方面，科技最傑出的發明就是太陽能電池，也就是所謂的「光電效應裝置」。它是由矽元素的精細薄片晶體做成的。多年來美國都以它做爲太空船的動力來源。不過這種太陽能電池造價驚人而且效率欠佳，經常會損失它所收能量的百分之九十五。

有鑒於此，美國就把改進這些缺點列爲研究工作的優先目標。

今年美國政府在太陽能電池上花費五千八百萬美元。如果研究成功，則太陽成爲世界重要能源的日子將可提早實現。

改進太陽能電池極大的可能性之一，就是採用非結晶的矽。這種物質在三年前首度嘗試以後，就由美國無線電公司（RCA）的研究中心進行反覆的實驗。非結晶的矽極可能大量廉價生產，它可以像油漆一樣噴在一塊導體的表層；相反地結晶的矽元素則必須經過艱苦的「培養」、切割。

另一種很可能的改進方式，是以鎳元素來取代矽。美國國際商用機器公司（IBM）的研究中心正在進行這方面的研究。

鎳元素要比矽的成本更昂貴，不過它在轉變太陽能爲電力以及承受高溫等矽元素辦不到的方面功效非常理想。

怎麼才能把這項發明作最佳的利用呢？答案是，增加陽光的接收量，就可以獲得更高的電力產出。也就是說如今研究人員所做的，並不是把一千個昂貴的鎳元素太陽能電池放在陽光下，而是把陽光作千分之一集中投射到一個鎳、砷二元素合成的電池上。初步試驗的結果很令人滿意。

對於放大鏡，研究人員也同樣地提高這些集中的功效，而不讓成本增加

。他們表示，使用鎂元素的太陽能電池一旦送到家中使用，陽光集中器也會是貨品的一部份。

目前加州籌設第一座太陽能電廠，實驗室的研究正在進行之際，美國並且已經展開了非結晶矽的應用試驗。

美國政府計劃耗資一億美元在加州的巴士多夫興建一座一萬瓩的太陽能「發電塔」。這座兩百八十三呎的塔頂上要安裝一部鍋爐，另外利用一千五百具日光反射器的鏡子把陽光匯集高到鍋爐上。鍋爐受熱產生蒸汽就可以帶動渦輪機發電。到一九八一年左右，這套設備將可成為美國供電給公共電力系統的首座太陽能發電廠。

美國目前在新墨西哥州阿布奎基、聖迪亞試驗場已經有一套較小型的這種設備接近全部完成的階段。在阿布奎基所進行各種試驗的結果，將來都要引用到加州發電廠。所以我們可以說，從當地實驗中，我們可以略窺太陽能在使用非結晶矽方面的未來發展。

阿布奎基的試驗設備包括一座高兩百呎的塔和五千五百面反光鏡。下個月它將準備進行首次的試驗，裝置一座標準規格的鍋爐，也就是加州發電廠所將採用的同一類型。

明年春天這項試驗開始後，反光鏡會在電腦控制下，隨著太陽緩緩移動；同時按照需要把陽光反射到鍋爐及其他部位。

阿布奎基的試驗將只到產生蒸汽和高溫空氣為止，並不發電。不過在擬議中的加州發電廠，鍋爐所產生的蒸汽，導入地面的幾部渦輪機，將可發電一萬瓩，足夠供應一個小鄉鎮之所需。

加州的計畫除了美國政府提供一億美元之外，當地的南加州愛迪生電力公司也投資兩千萬美元。有人懷疑，這種發電廠究竟能不能像舊有的發電廠一樣經濟？不過只要這方面的科技達到規格化，成本即可望大幅度降低。

在加州的設施中，剩餘的太陽熱能可以先行貯藏在一座裝滿油、花崗石以及粗砂的儲熱槽裏。儲熱槽在頂端和底部都有蒸汽輸送管。多餘的熱量是從底部輸入，到需要時就從頂端輸出。

預計這種方式可以在烏雲遮天，沒有陽光的時候，繼續維持三小時七千瓩的發電量。不過不能整夜運轉。從事太陽能發展的人士，彼此之間對於大量儲存熱能的可行性看法並不一致。有人覺得爲了要跟傳統的發電廠競爭，最好是把它當成其他能源發電總廠的一個日間供電站。

在阿布奎基曾經做過示範，把兩百廿二具日光反射裝置（每具上面有廿面鏡子）對準厚重的鋼板，它所匯集的高溫可以把鋼板熔化，穿成個大洞。

至於鍋爐，因為有水不停地流動所以不致於被熔化掉。

試驗場不使用時候，鏡面朝地，以免落灰或是把陽光反射到飛機駕駛員的眼睛。試驗場同時也跟當地的空軍基地保持密切聯繫。

試驗場人員表示，設備只要一開始操作，對飛機就不致造成危險。因為所有反光都聚到塔尖，只有少數幾面鏡子的反光會照到飛機上去。

每面鏡子邊長四呎，都各有不同的角度，以便從它所排列的位置上把陽光反射到塔頂。每一具日光反射裝置的托板，它移動的幅度都有個別的程式設計，這樣在電腦的遙控之下，它就能隨著太陽移動準確的反射。

令人擔心的是試驗場的鏡子在沙漠裏可能會受風砂吹襲的損害，不過也只有在沙漠裡，這種設備才能收效最大。

「發電塔」從上到下有三個窗子。在最下面的窗裝一部雷射槍，對準每一面鏡子發出一道光，這道光是不是反射回最上面的窗子，可以用來檢查鏡子的排列是否正確。同時月亮也可以用來檢查反射系統。

加州發電廠的鍋爐將由廿四具同型的裝置合組而成。阿·布奎基即將進行的試驗正是一具完整的這種鍋爐裝置。廿四具同型的裝置垂直排列成一個圓圈，可以組成一座五十六呎高的氣缸。每一具裝置包括七十根直徑半吋的管子，這些管子都是用來吸收匯集陽光的熱能。廿四具同型裝置中，在最下面四具裝置的底座，先把水加熱，然後蒸汽進入另外廿具裝置的底座。

在塔心部份將有一座邊長廿五呎乘卅呎的大電梯。如果是像標準規格那樣的大型鍋爐進行試驗，必須把它昇到最高處，讓它超出塔的高度，以便迎合反光鏡的角度方向。

試驗較小的鍋爐，電梯只要升到較低的位置，並且把它固定在面向反光鏡的窗子上。不過這種較小的機器、首先是為了設在加州巴老愛多的電力研究所而設計的。它的功用，就像煤氣渦輪機的傳動器一樣，主要是要把空氣加熱、而不是把水加熱。

總之，最進步的試驗目前正以美國各處進行。矽元素和鎳元素兩種太陽能科技的混合規格被引用來發電，令供應大廈建築物的冷氣及暖氣。

過去，即使少數幾個太陽能電池的價格就會把這類計畫打消。如今價格正逐漸下降。研究人員表示，他們幾乎可以保證，將來太陽能發展成功時，它一定是矽元素及鎳元素這兩種科技混合的產物。

台灣雖不產鎳元素，矽元素却遍地皆是——二氧化矽是河沙及砂石的成分，用電爐提煉，不難製出結晶或不結晶的矽。同時卵石，沙、礫也是儲熱槽或太陽能貯倉的主用材料。

因此，太陽能的利用，在我國是有光明的前途的，將來取代一部分化石燃料及核能，減少空氣及水的污染，有百利而無一害。

本書著者 Jan F. Kreider 博士為美國科羅拉多州環境顧問服務公司總經理，并兼科州大學國家大氣研究中心及經濟研究局顧問，為太陽能權威人士之一。另一著者 Frank Kreith 博士係科州大學化學工程系教授，主授太陽能之實際利用課程，亦為環境顧問服務公司之要角。渠在熱移轉方向有 100 種以上著作，包括「熱移轉之原理」及「輻射熱移轉」，曾任國家科學基金會太陽能利用顧問講座，以色列總理辦公室，英國污染控制委員會及北大西洋組織等機構顧問。

據最近報導，在美國內布拉士加州米亞特地方一個實驗農場曾使用排列 650 呎長 8 呎高的 120,000 只光電池灌溉 80 畝玉米及大豆抽光電池轉化太陽光線至 25,000 瓦（巔峯）電力，足以每分鐘由一抽水池取 1000 加侖水至乾枯的農田。在收穫時期，同一電源可驅動大型風扇乾燥 12,000 蒲式耳（約 42,000 公斗有餘）玉米。太陽能之用途可見一斑。希望本書之譯印，有助於我國人士對太陽能之認識及重視，從而展開大規模研究及建設性的應用。譯文脫稿之日，適為小女唯娟與吳清和君在美國 Jacksonville 成婚佳期，特誌此以祝。

張 志 純

六十六年十二月十七日於台北市

序

吾人時代大毛病之一，

爲巧辯似乎重於常識的習慣。

—— Norman Cousins

在 1970 年代末期，用以空調房屋及提供熱水的太陽能動力系統將會商業化并可在美國各處與化石燃料及電氣系統相競爭。1985 年時，太陽能冷暖氣系統可能供給現用於住家及商業空氣加熱與冷卻之百分之三十的美國能的消耗的三分之一。在本世紀末期，太陽能（solar energy）或可提供全國能的需要之百分之廿。

直至數年以前，以相當規模利用太陽能的建議，大概將被視爲懷疑論調（skepticism）。不過，在最近幾年，傳統燃料的日增成本，石油供應有關的政治不穩定，及與核能發電相關的問題，已大爲修正此種懷疑。

太陽能雖爲最豐富的形式可供用之能源，其亦屬最稀釋及中間形式之一種，因而需要與此前廣泛使用形式之能不同的收集和利用方法。不過，曾有人預料，以當前的科技，衝擊到美國陸地面積百分之四的太陽能將足夠供給在美國推算在公元 2000 年時能的需要；作一比較，目前美國陸地面積的百分之十五係用以種植農作物。太陽能大規模的成功利用繫於系統的設計及其經濟學的徹底考慮。與能易於標準化的煤氣或電氣加熱系統相反，沒有一種單式太陽能系統是萬應靈丹。因此，一個太陽能系統的設計及大小必須配合其工作；其不僅應該滿足技術的要求，但亦應該涉及一併滿意的解決——對建造經濟，系統攤費，及房屋美感的震撼。

太陽能之利用進展得如此遲緩的一個重要但一般未察覺的理由，爲傳統工程教育未曾產生處理此一涉及物理、化學、工程、建築、氣象、及天文原理的諸子百家學派的範疇（Interdisciplinary field）。由於此種教育空隙（Education gap），著者開始主催若干次建築師、工程師、營造者，及計劃家研討會（Seminars），此等研討會以廣博而實用的方式介紹太陽能的利用及經濟的現有知識。研討教材，佐以實例并用有關資料擴充後，構成本書之基礎。

在本書中強調者，爲能在近程經濟運用的空調方法（Heating and cool

燥，及太陽能蒸餾之工程分析。光化學、光合成，及光電壓加工等并未深入研究；亦未包括風力及海洋熱差利用之間接太陽能科技。本書企圖描述若干實用系統，不是具有悠久成功使用歷史的較古典設計者，就是得自因其使用新觀念，新科技及新製造技術，似有相當大希望的最近代太陽能研究者，讀者必須承認這一方面很快在變；為保持不落伍，一個人必須幾乎天天跟著新的發展前進。

著者明瞭本書的觀眾程度并不一致。因此整本書可能用作一種教科書或是一部實務手冊，故使用雙軌手法的陳示。分析的結果係用方程式及圖表表達。飽經風霜的工程師所發現在其設計中藉電腦之分析法較為適當，而建築師及施工者可能發覺圖解法更屬有利。

書中材料分成 5 章及 8 種附錄。各章含（按此順序）太陽能概要及傳統能使用觀念及要求，熱轉移之基本原理及太陽輻射之性質，收集太陽能之實用及有效方法，和藉用太陽熱空調實務系統之量的說明連同其經濟分析。附錄則含參考資料之廣泛圖表，包括材料之熱轉移性能，美國日照及氣候之地理及季節性變化，及經濟分攤計劃，附錄又含太陽能使用於房屋的法律問題資料及若干種典型太陽能加熱房屋的設計，為符合本書以極易閱讀方式陳示各種資料之鵠的，所用度量單位係取美國國家標準研究院（ANSI）認可者——在美國及加拿大通用者——而非國際單位系統（SI）。

Dr. Jan F. Kreider

Dr. Frank Kreith

1975 Boulder, Colorado, USA

目 錄

第一章 概要：為何要用太陽能

一、能源及用途模型	1
二、太陽能之本質	6
三、歷史透視	6
四、太陽能轉化成熱	7
五、經濟個案研究	8
六、綜 結	10
七、術 語	10
八、參考文獻	11

第二章 熱能轉之根本事務

一、傳導、輻射及對流的原理	12
二、綜合熱移轉機構	16
三、兩種牆壁構造之熱移轉範例	18
四、經濟分析折及熱損失計算範例	21
五、輻射計算法	26
六、太陽輻射根本事務	31
七、帶波長選擇性表面太陽能收集器之原理	37
八、輻射接收之季節性變易	41
九、綜 結	50

十、參考文獻	50
--------	----

第三章 太陽能收集及使用方法

一、扁平板式收集器之根本事物	52
二、扁平板式收集器之績效(垂直構形)	54
三、各型扁平板式收集器的績效比較	59
四、扁平板式收集器廣義分析	61
五、集中式收集器系統	74
六、SRTA住宅加熱系統	81
七、SRTA光學分析及設計	81
八、SRTA熱學及經濟分析	87
九、直接轉換太陽能至電力之太陽電池	94
十、綜 結	97

第四章 房屋太陽能加熱法

一、加熱需要量	100
二、設計一房屋用收集器	104
三、熱能的貯存	108
四、經濟分析	109
五、電腦化系統適宜性	114

六、太陽能熱水器·····	120
七、氣冷太陽能收集系統·····	124
八、綜 結·····	127

第五章 太陽能房屋冷却法

一、加熱需要量·····	129
二、設計—熱能冷却房屋用收集器·····	133
三、在高低溫度貯能·····	135
四、蒸汽壓縮系統及熱邦浦·····	135
五、吸收式空氣調節·····	142
六、機械及吸收性冰凍系統之比較·····	149
七、非機械系統·····	152
八、太陽能空調經濟學·····	159
九、綜 結·····	160

書 後

附錄 A 基於熱績效的太陽能收集器定額試驗法·····	163
附錄 B 光譜輻射性能之測定範例·····	214
附錄 C 參考圖表·····	219
1. 美國若干城市之天氣資料·····	219
2. 環境設計用大氣狀況·····	221
3. 最大太陽能高度、輻射強度，及熱增益， 24° 至 56° 北緯·····	223
4. 自由對流係數·····	224
5. 表面熱能轉後數 $h_{c,in}$ 及 $h_{c,out}$ ·····	224
6. 資本回收因數的倒數·····	225

7. 金屬輻射性能·····	233
8. 油漆輻射性能·····	235
9. 塑膠膜輻射性能·····	236
10. 第二表面鏡輻射性能·····	236
11. 其他材料輻射性能·····	237
12. 高績效扁平板收集器之製造廠名錄·····	237
13. 外面空氣表面用傳導率及阻力率值·····	238
14. 內面空氣表面用傳導率及阻力率值·····	239
15. 外面板料用傳導率及阻力率值·····	240
16. 內面板料用傳導率及阻力率值·····	240
17. 泥工材料用傳導率及阻力率值·····	241
18. 木料用傳導率及阻力率值·····	241
19. 牆壁隔熱材料用傳導率及阻力率值·····	242
20. 屋面材料用傳導率及阻力率值·····	242
21. 地板材料用傳導率及阻力率值·····	243
22. 內部裝修用傳導率及阻力率值·····	243
圖 1 計算方法說明·····	244
圖 2 平均逐日太陽輻射（一月至十二月）·····	248
圖 3a 本地氣候資料（科羅拉多州丹佛）·····	260
圖 3b 3 小時間隔觀測值（科	

附錄 D	科羅拉多州丹佛.....	261	附錄 G	科羅拉多太陽能權.....	288
附錄 E	縮寫及術語.....	264	附錄 H	典型太陽能空調房屋設 計.....	292
附錄 F	換算因數.....	270			
	能的保持及太陽能的消 極利用.....	272			
				書目提要	

第一章 概要：爲何要用太陽能？

豈獨吾人見，高空一火焰，
后稷射日成，光明變黑暗。

——Cecil Day Lewis

嚴格的講，所有形式的能係來自太陽。不過，我們的最普通形式的能——化石燃料（Fossil fuels）——在無限年代以前接受太陽能的入力（solar input），并已改變其特徵，使其成爲現在的高度濃縮形式。由於此等儲藏濃縮形式的能現正以極高速率被使用，在不遠的將來有枯竭之虞，殊顯而易見，吾人必須不從儲藏而由來到的太陽能儘速供給一大部份我們的能的需要。

一、能源及用途模型

在古典熱力學中「能」（Energy）的定義是做工的能量（Capacity to do work）。由一實用的觀點，其乃所有工業社會的基本組成物。美國的能，經常來自四大根源：石油、天然氣及天然氣液、煤、和木。此等普通能源之供應，除木而外，是有限的。其壽命據估計由天然氣的 15 年至煤的 300 年。當經常能源耗罄之際，將發生一條「能溝」（Energy gap）。由於人口成長及對能的增加依存之協同影響而變本加厲。在若干作家稱之爲「化石燃料時代」中消耗了不再來的能源之後，人類必須轉向較長期永久性能源求救。此等最重要的兩種，爲核能（Nuclear）及太陽能。核能之安全而可靠的利用，需要高度技巧及花錢的手段，並可能有非所欲的副作用。反之，太陽能顯示有希望變成一種可依賴的能源，其廣範圍利用勿需高度技巧及專門性質的新要求。而且，似無來自其使用的顯著污染作用。（註：有人曾提出關於龐大太陽能收集器羣的可能目視污染——visual pollution——的法理問題，尚未獲得答覆。）

表 1.1 顯示美國能的總消耗量中，19 % 用於住家房屋，15 % 用於商業性房屋，41 % 用於工業製程，25 % 用於交通運輸。在房屋方面能的主要用途爲空間加熱，空氣調節，及熱水供應。表 1.1 顯示此種分類的能之使用：消耗量以 1 萬億 BTU 爲單位，佔全國總消耗量的百分比（%），及年成長率（Annual growth rate, %）。1968 年時，住宅取暖佔總消耗量 11%

，商業房屋取暖又加 7 %，空調代表 2.5 %，但住宅空調的年成長率約為 16 %。

測定房屋取暖或空調的效力的能損失 (Energy losses) 大致相同。不必要的能損失係由不適當隔熱，過度通風，外力高空氣滲透率，及過度多孔 (excessive fenestration) 所造成。近來，房屋熱損失 (Heat lasses) 已被公認為燃料源浪費之主要原因。在 1965 年最低房產標準 (Mininum Property Standards) ——房屋必須符合始夠資格向聯邦住宅管理局申請貸款的建築標準——美國住宅及都市發展部 (HUD) 的聯邦住宅管理局 (FHA) 准許在一單戶住宅中每天熱損失 2000 BTU / 1000 ft³°F 不過 HUD 突確計劃 (Operation Breakthrough) 於 1970 年減縮此一數字至 1,500，而新頒實施的 FHA 最低房產標準要求此等熱消失小於每天 1000 BTU / 1000 ft³°F。此一標準所要求的能消耗量的減縮，主要係藉改良隔熱及減少空氣滲透以達成之。在商業用房屋中，經由較厚或較有效隔熱物及改良通風控制可節省將近 40 % 的取暖燃料。目前，經由正確設計，增加隔熱，及減少不必要的通風和滲透，降低房屋中熱損失至接近每天 700 BTU / 1000 ft³°F，似乎在科技及經濟上是可行的①圖 1.1 例示能藉添置風雨窗及增加天花板和牆壁隔熱實現的房屋熱損失之減縮。附錄 F 含一篇房屋中保持能的方法的完全名單并陳示每種在美國若干氣候區的相對效率。

表 1.1 美國總燃料能的消耗量按最終用途分 (註一)

最 終 用 途 (註二)	消 耗		年 成 長 率 %	佔 全 國 總 量	
	1 × 10 ¹² BTU			百 分 比	
	1960	1968		1964	1968
	住 家				
空間加熱	4,348	6,675	4.1	11.3	11.0
水加熱	1,159	1,736	5.2	2.7	2.9
炊 事	556	637	1.7	1.3	1.1
烘乾衣服	93	208	10.6	0.2	0.3
冷 藏	369	692	8.2	0.9	1.1
空 調	134	427	15.6	0.3	0.7
其 他	809	1,241	5.5	1.9	2.1
合 計	68	11,616	4.3	18.6	19.2

商 業 性

空間加熱	3,111	4,182	3.8	7.2	6.9
水加熱	544	653	2.3	1.3	1.1
炊 事	93	139	4.5	2.2	0.2
冷 藏	534	670	2.9	1.2	1.1
空 調	576	1,113	8.6	1.3	1.8
材 料	734	984	3.7	1.7	1.6
其 他	145	1,025	28.0	0.3	1.7
合 計	5,742	3,766	5.4	13.2	14.4

工 業 性

製程蒸汽	7,646	10,132	3.6	17.8	16.7
電氣驅動	3,170	4,794	5.3	7.4	7.9
電解處理	486	705	4.8	1.1	1.2
直接熱	5,550	6,929	2.8	12.9	11.5
材 料	1,370	2,202	6.1	3.2	3.6
其 他	118	198	6.7	0.3	0.3
合 計	18,340	24,960	3.9	42.7	41.2

交 通 運 輸

燃 料	10,873	15,038	4.1	25.2	24.9
原 料	141	146	0.4	0.3	0.3
合 計	11,014	15,184	4.1	25.5	25.2
全國統計	43,064	60,526	4.3	100.0	100.0

註一：史丹福研究院(1972)資料¹⁰。

註二：電氣消耗分配於每一最終用途。