

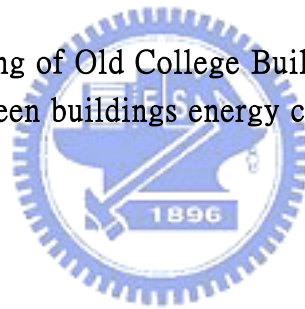
國立交通大學

工學院營建技術與管理學程

碩士論文計劃

大專院校舊有建築物耗能之研究---  
以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率

A Study on Energy Saving of Old College Buildings--- illuminating systems  
using the index of daily green buildings energy consumption evaluation criterion



研究生：葉武宗

指導教授：黃世昌 博士

中華民國九十五年六月

大專院校舊有建築物耗能之研究---  
以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率

A Study on Energy Saving of Old College Buildings--- illuminating systems  
using the index of daily green buildings energy consumption evaluation criterion

研究生：葉武宗  
指導教授：黃世昌

Student : Wu-Tsung Yeh  
Advisor : Shyh-Chang Huang

國立交通大學  
工學院專班營建技術與管理學程  
碩士論文



Master Degree Program of Construction Technology and Management  
College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Program of Construction Technology and Management

June 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

# 大專院校舊有建築物耗能之研究--- 以綠建築日常節能指標評估改善照明系統節能效率

學生：葉武宗

指導教授：黃世昌 博士

國立交通大學工學院營建技術與管理學程碩士班

## 摘 要

本研究以學校建築為例，統計分析舊有建築之用電結構及使用情形，提出評估改善照明系統節能之方法與對策，使其符合現行綠建築日常節能指標照明系統節能效率為目的；並以公共工程經費電腦估價系統（PCCES）製作預算書，以建築物之生命週期估算改善效益。大專院校建築物之耗能，以空調、動力、照明為三大結構，對於綠建築政策推行前之舊有建築物其耗能改善，經本研究案例評估以改善照明系統最簡易且約有 30~50%之照明省電潛力，是值得推行之節能手法。

本研究結果一方面可確定該棟舊有建築物是否符合綠建築日常節能設計，是否虛耗能源，二方面可了解該棟建築物之耗能結構，規劃節約能源改善或管理方法，使舊有建築物亦能符合綠建築省能效益，減少耗能經費，減緩能源危機問題，以達成節約能源的目的與綠校園的觀念。

關鍵詞：學校建築、舊有建築、綠建築、日常節能指標、照明系統節能效率、生命週期

**A Study on Energy Saving of Old College Buildings--- illuminating systems  
using the index of daily green buildings energy consumption evaluation criterion**

Student : Wu-Tsung Yeh

Advisor : Shyh-Chang Huang

Master Degree Program of Construction Technology and Management  
College of Engineering National Chiao Tung University

## ABSTRACT

Basing on the school architecture, this paper analyzes the power structure of old buildings and their using conditions. It proposes the improved methods of energy-conserving for illuminating system which aims to fill the requirements for existing Green Buildings Daily Energy Conserving Index efficiently. Furthermore, the statement of budget is set according to Public Construction Cost Estimate System (PCCES); the result of improvement is estimated by the life cycle of buildings. The energy consumption of college buildings can be divided into three major structures: air conditioner, power and illuminating. In terms of the improvement of energy consumption of old buildings before the promotion of Green Building Policy, the research case applied by our methods shows the potentiality from 30 to 50 % on energy conserving for illuminating system.

The result of our research, on the one hand, ensures whether an old building fills the requirements for the design of Green Buildings Daily Energy Conserving and whether it over-consumes energy; on the other hand, it enables us to figure out the structure of energy consumption of a building. Then, we may therefore map out the methods of improving or managing the energy consumption in order to conform to the energy conserving requirements of Green Building, to spare unnecessary expenses, to increase the competitiveness and to slow down the problem of energy crisis. The ultimate goal would be conserving energy and realizing the concept of Green Campus.

Keywords : School architecture, Old building, Green building, Daily Energy conserving index, Energy conserving for illuminating system, Life cycle.

## 謝 誌

本論文得以順利完成，首先感謝恩師黃世昌博士在學業及職場上的教誨與指導，使學生在中年生涯中得以進一步展獲，在此獻上由衷的敬意與感謝。

感謝曾仁杰博士、郭斯傑博士給予論文上精闢的建議及指正，使本論文更加完善，致最誠摯之謝意。

論文撰寫期間感謝同事郭素玲小姐、戰玲雲小姐、葉明裕先生與及陳明志建築師事務所范慧文小姐、蘇行良冷凍空調技師事務所張先生等人的協助及指導，得以順利完稿，還有感謝許許多多協助我的先進們，在此真心謝謝你們。

最後要感謝的是我敬愛的父母親及家人，尤其是愛妻婉如對我的支持和鼓勵，細心的照顧家庭與教導求學中小孩，還有吾兒「子齊、佳宜」兩兄妹是為父讀書辛苦的「可樂果」，另有許多默默相助的朋友、同學與同事們，於此一併致謝，希望與你們共同分享這份的成果與喜悅，僅以此論文共享之。



葉武宗謹誌

2006/6/19 於國立交通大學

# 目 錄

摘 要 .....	I
ABSTRACT.....	II
謝 誌 .....	III
表 目 錄 .....	VII
圖 目 錄 .....	IX
符號說明 .....	X
第一章 緒 論 .....	1
1.1 研究動機與目的 .....	1
1.2 研究範圍與方法 .....	2
1.3 研究流程與架構 .....	3
1.3.1. 研究流程 .....	3
1.3.2. 研究架構 .....	4
第二章 節約能源政策與法規探討 .....	5
2.1 我國節約能源政策 .....	5
2.2 法規文獻探討 .....	7
2.2.1 建築節約能源部份 .....	7
2.2.2 綠建築部分 .....	10
2.3 綠建築九大指標簡介 .....	12
2.4 日常節能指標 .....	14
2.4.1. 何謂日常節約能源 .....	14
2.4.2. 日常節約能源的目的 .....	15
2.4.3. 日常節約能源法令的實施規則 .....	15
2.4.4. 日常節約能源指標與基準 .....	15
2.4.5. 如何達到合格標準 .....	15

第三章 建築節能評估法研究 .....	16
3.1 建築節約能源----建築技術規則 .....	16
3.1.1 技術規則第 298 條第 3 款--建築物節約能源： .....	16
3.1.2 技術規則第 299 條第 3~8 款--日常節能用詞定義： .....	16
3.1.3 建築物節約能源部份 .....	16
3.2 建築節約能源政策----學校類建築設計規範 .....	16
3.2.1 依據及適用範圍 .....	16
3.2.2 氣候分區 .....	17
3.2.3 評估指標及基準 .....	19
3.2.4 指標計算法 .....	19
3.3 綠建築日常節能指標評估法 .....	21
3.3.1 建築外殼節能效率評估法 (EEV 計算)： .....	21
3.3.2 空調系統節能效率評估法 (EAC 計算)： .....	22
3.3.3 照明系統節能效率評估法 (EL 計算)： .....	25
第四章 學校建築案例分析 .....	27
4.1. 科學二館 .....	31
4.1.1 耗能結構調查及統計分析： .....	31
4.1.2 日常節能計算： .....	44
4.1.3 改善手法： .....	59
4.1.4 改善費用評估 (PCCES)： .....	77
4.1.5 小結 .....	83
4.2. 電子資訊研究大樓 .....	84
4.2.1. 耗能結構調查及統計分析 .....	84
4.2.2. 日常節能計算 .....	101
4.2.3. 改善手法 .....	111
4.2.4. 改善費用評估 (PCCES) .....	113
4.2.5. 小結 .....	118
第五章 效益評估 .....	119
5.1. 科二館 .....	119
5.1.1. 投資成本：以 PCCES 系統預估改善投資預算 .....	119

5.1.2. 年度節省費用：	119
5.1.3. 回收年限：	119
5.1.4. 節約（省電）效率：	120
5.1.5. 照明用電密度及照度：	120
5.1.6. 改善後 EL 值及用電密度：	121
5.2. 電資大樓	129
5.2.1 投資成本：以 PCCES 系統預估改善投資預算	129
5.2.2 預估年度節省費用：	129
5.2.3 回收年限：	129
5.2.4 節約（省電）效率：	129
5.2.5 照明用電密度及照度：	130
5.2.6 改善後 EL 值及用電密度：	131
5.3. 小結	131
第六章 結論	139
參考文獻	141





## 表目錄

表 1：2005 年新建築外殼節能設計基準概要 .....	9
表 2：綠建築九大指標簡介 .....	12
表 3：學校類建築物居室空間之窗面平均日射取得量之基準值 .....	17
表 4：氣候分區表 .....	17
表 5：建築外殼耗能指標與基準 .....	21
表 6：空調系統冰水主機性能係數標準 COPc .....	23
表 7：一般居室設計照度標準與照明用電密度基準 UPDi ( $W/m^2$ ) .....	26
表 8：交通大學光復校區館舍單位面積用電量 .....	28
表 9：單位面積用電量比較表 .....	28
表 10：科學二館基本資料及現況照片 .....	29
表 11：電子資訊研究大樓基本資料及現況照片 .....	30
表 12：科二館用電結構統計表 .....	32
表 13：科二館預估年度設備用電量統計表 .....	32
表 14：科二館照明統計表 .....	33
表 15：科二館動力及空調統計表 .....	37
表 16：科二館屋頂及外殼耗能 $U_i$ 及 EV(AWSG) 計算表 .....	45
表 17：科二館實際照明系統 EL 評估計算表 .....	51
表 18：科二館基準照明系統 EL 評估計算表 .....	54
表 19：科二館日常節能指標評估表 .....	58
表 20：科二館預估改善後（加 65 cm 水平遮陽）外殼耗能預估表 .....	62
表 21：科二館預估改善後（加 170 cm 水平遮陽）外殼耗能預估表 .....	67
表 22：科二館外殼耗能（窗面）改善前後 EV 值比較表 .....	71
表 23：目前學校政府機關常用的節約用電管理手法及效益表 .....	76
表 24：科二館照明設備更新前後容量比較表 .....	78
表 25：科二館三波長照明設備更新工程 PCCES 預算總表及詳細表 .....	79
表 26：科二館 T5 照明設備更新工程 PCCES 預算總表及詳細表 .....	81
表 27：電資大樓用電結構統計表 .....	85
表 28：電資大樓預估年度設備用電量統計表 .....	85
表 29：電資大樓照明統計表 .....	86

表 30：電資大樓動力及空調統計表 .....	92
表 31：電資大樓實際照明系統 EL 評估計算表 .....	103
表 32：電資大樓基準照明系統 EL 評估計算表 .....	106
表 33：電資大樓日常節能指標評估表 .....	110
表 34：電資大樓照明設備更新前後容量比較表 .....	113
表 35：電資大樓三波長照明設備更新工程 PCCES 預算總表及詳細表 ...	114
表 36：電資大樓 T5 照明設備更新工程 PCCES 預算總表及詳細表 .....	116
表 37：科二館照明改善後節省費用及回收年限比較表 .....	119
表 38：科二館照明改善後省電效率比較表 .....	120
表 39：科二館各單元照明用電密度及照度改善前後比較表 .....	121
表 40：科二館照明改善後 EL 值及用電密度比較表 .....	121
表 41：科二館更新三波長照明設備後 EL 評估表 .....	122
表 42：科二館更新 T5 照明設備後 EL 評估表 .....	125
表 43：CNS 學校照度標準 .....	128
表 44：電資大樓照明改善後節省費用及回收年限比較表 .....	129
表 45：電資大樓照明改善後省電效率比較表 .....	130
表 46：電資大樓各單元照明用電密度及照度改善前後比較表 .....	130
表 47：電資大樓照明改善後 EL 值及用電密度比較表 .....	131
表 48：電資大樓更新三波長照明設備後 EL 評估表 .....	133
表 49：電資大樓更新 T5 照明設備後 EL 評估表 .....	136

## 圖目錄

圖 1：本研究流程圖 .....	3
圖 2：本研究架構圖 .....	4
圖 3：我國能源政策架構 .....	6
圖 4：氣候分區圖 .....	18
圖 5：科二館用電結構比例圖 .....	32
圖 6：科二館預估年度用電量比例圖 .....	32
圖 7：科二館照明平面圖 .....	36
圖 8：科二館動力及空調統計平面圖 .....	41
圖 9：科二館年度總用電量及單位面積用電量 .....	42
圖 10：一般大學及學院電能平衡圖 .....	42
圖 11：科二館 93、94 年夏月非夏月用電量分析圖 .....	43
圖 12：本研究選用參考之照明燈具規範 .....	61
圖 13：科二館部份（南向）窗面加水平遮陽改善節能效率示意圖 .....	72
圖 14：科二館南向立面圖 .....	73
圖 15：科二館外殼及空調設備相片 .....	74
圖 16：新加坡某學校遮陽設計實例 .....	74
圖 17：公共工程經費電腦估價系統（PCCES）畫面 .....	78
圖 18：電資大樓用電結構比例圖 .....	85
圖 19：電資大樓預估年度設備用電量比例圖 .....	85
圖 20：電資大樓照明平面圖 .....	91
圖 21：電資大樓動力平面圖 .....	98
圖 22：電資大樓年度總用電量及單位面積用電量 .....	99
圖 23：電資大樓 93、94 年夏月及非夏月用電量分析圖 .....	100
圖 24：電資大樓西面挑高大開窗設計 .....	102

## 符號說明

Uar : Average Thermal Transmittance--屋頂部位之平均熱傳透率

Uars : 屋頂平均熱傳透率基準值

Uri : 屋頂不透光部位熱傳透率 $[w/(m^2 \cdot k)]$ ，查表依Ui值之規定計算。

Ugsi : 屋頂透光部熱傳透率 $[w/(m^2 \cdot k)]$ ，查表依Ui值之規定計算。

Ari : 屋頂不透光部位之水平投影面積( $m^2$ )。

Agssi : 屋頂透光部位之水平投影面積( $m^2$ )。

i : 透光開窗部位參數。

j : 外牆部位參數。

AWSG : Average Window solar Gain 窗面日射取得量 ( $kWh/m^2\text{-fl-area} \cdot yr$ )。

AWSGs : 窗面日射取得量基準值 ( $kWh/m^2\text{-fl-area} \cdot yr$ )。

IHki : i窗面部位在當地k方位外殼之“冷房日射時(IHk)” ( $Wh/(m^2 \cdot yr)$ )。

ki : i部位玻璃之外遮陽係數(---)，無外遮陽時為1.0。

$\eta_i$  : i部位玻璃日射透過率。學校類開窗面玻璃之 $\eta_i$ 須全數設為1.0。

Ai : i窗面部位之面積 ( $m^2$ )。

EEV : 建築外殼節能效率，無單位

EV : 建築外殼耗指標

EVc : 建築外殼耗能基準

EAC : 空調系統節能效率，無單位

ACs : 冰水主機設計供應面積( $m^2/RT$ )

ACsc : 冰水主機最大供應面積基準( $m^2/RT$ )

HCI : 各冰水主機容量(RT)，1RT(冷凍噸)=3024Kcal/h

COPi : 冰水主機設計性能係數，由設計單位提供型錄證明，無單位

COPci : 冰水主機設計性能係數標準，無單位

Rs : 熱源節能效率，無單位

Rf : 送風系統節能效率，無單位

Rp : 送冰水系統節能效率，無單位

Rm : 其他總系統節能效率，無單位

EL : 照明系統節能效率，無單位

$A_i$ ：室內各種作業空間之樓地板面積( $m^2$ )

$UPD_i$ ：室內各作業空間設計照度之照明用電密度基準( $W/m^2$ )-單位面積照明裝置量

$n_i$ ：某*i*類燈具數量

$w_i$ ：某*i*類燈具之功率( $W$ )

$B_i$ ：安定器係數

$C_i$ ：照明控制係數

$D_i$ ：燈具反射效率係數

$\beta_2$ ：10×再生能源節能比例 $R_r$

$\beta_3$ ：建築能源管理系統效率

$E$ ：照度 ( $Lux$ )

$F$ ：燈具之光通量 (光束)  $lm$

$U$ ：燈具照明率 (0.8)

$M$ ：燈具維護率 (0.8)



# 第一章 緒論

建築物取得綠建築標章，是政府善盡國際環保職責之『能源政策』，因此自2002年起規定「公有建築物」新建工程5,000萬元以上須取得綠建築標章【綠建築推動方案，2001.3】。雖然我國經濟發展已至開發國家，人民生活水準普及，對建築物之要求甚高，舉凡集合住宅、辦公、商業、學校、醫院、旅館、百貨等綜合大樓及高科技廠商等建築都隨之大型化、高層化，故建築物本身機能複雜，結構特殊，對機械設備依賴性高，尤其是講究科技、效率之智慧型大樓，故電力耗用極為可觀。然現行政府『綠建築政策』係以新建築物為主，舊有建築物較少考量，我國建築物之設計於綠建築政策推動前有許多建築物是模仿歐、美等寒帶先進國家之建築設計理念，其中很多設計技術並不全部適用於我國。過去國內的建築思潮，有些受到歐美、日本等北方國家的影響，把一些帷幕玻璃大樓、無遮陽的玻璃大溫室、水平大天窗等寒帶建築造形抄襲至熱濕氣候來，以外觀造型為第一考量，忽略照明、通風空調、外殼節能之省能設計，即忽略了我國與歐美之天候差異，造成能源浪費、室內環境惡化、機械設備量大增、供電危機、反光公害等嚴重的環保問題【siraya lab 網頁】。故改善這些高耗能之舊有建築物使其符合指標，對完全仰賴進口能源之我們是極富意義與思維。

## 1.1 研究動機與目的

我國現行綠建築標章之取得，九大指標至少須通過四項，其中「日常節能指標」與「水資源指標」兩項，是必須達到之基本指標，本研究以日常節能指標為主，其動機可由兩方面來探討，即在我國綠建築推行前之建築物（10~20年舊有建築物）其生命週期（50年左右）中，至少尚有30~40年使用年限，此舊有建築物大都未能針對節能指標考量設計，其棟數與已取得綠建築標章之棟數比，高出許多，根據營建署資料顯示，目前台灣100棟建築物當中，有97棟屬舊有建築，因建築生命週期中「使用階段」之耗能量佔約93%【楊煦照，1996】，故舊有建築物之耗能評估改善具有其節能意義與經濟效益。同時大專院校之建築物從1986年起因教育總預算之倍增，預算充裕且無能源危機擔憂，除朝大型化設計外，也大都未針對省能設計，故本研究以此時期興建之校舍建築為例（約10~20年舊有校舍建

築)，並以「日常節能指標」照明系統節能效率為主，統計分析舊有建築物之用電結構，針對未能符合節能指標之建築物提出改善方案，使其符合「日常節能指標」。另一方面我國能源資源匱乏，幾乎全數仰賴進口，經濟部能源局能源統計資料，2005年我國進口能源佔98%，自產能源僅佔2%【經濟部能源局網頁】，顯示節能之重要性，此為本研究之希望達成的節能動機。

本研究一方面可確定該棟舊有建築物是否符合綠建築日常節能設計，是否虛耗能源，二方面可了解該棟建築物之耗能結構，規劃節約能源改善或管理方法，使舊有建築物亦能符合綠建築省能效益，以達成節約能源的目的與綠校園的觀念。舊建築物的省能可減少耗能經費，可提昇競爭力，近而減少地球資源之消耗，減緩能源危機，達到永續發展為本研究的目的。

## 1.2 研究範圍與方法

以我國現行『綠建築標章制度』九大指標中的「日常節能指標」評估制度，依政府推動節約能源現況，並就我國能源政策、法規、技術上執行情形，探討舊有建築物節能改善的手法，以大專院校舊有建築物為範圍，綜合建築節能評估技術，研究改善方法與對策並評估分析省能效益，以確定研究範圍。本研究以「綠建築解說與評估手冊」(2005年更新版)【林憲德，2005】之「日常節能指標」，為輔助工具，調查統計舊有建築物之用電結構，評估計算該建築物之節能效率，其指標值超出規定範圍者，提出改善方法與對策，使其合於日常節能指標標準；再依「公共工程經費電腦估算系統 PCCES 軟體」估算改善成本，其理由為有統一報價的信度，並以建築物50年之生命週期來探討、分析，舊建築物節能效益評估，作為本研究方法。

### 1.3 研究流程與架構

#### 1.3.1. 研究流程（如圖 1）

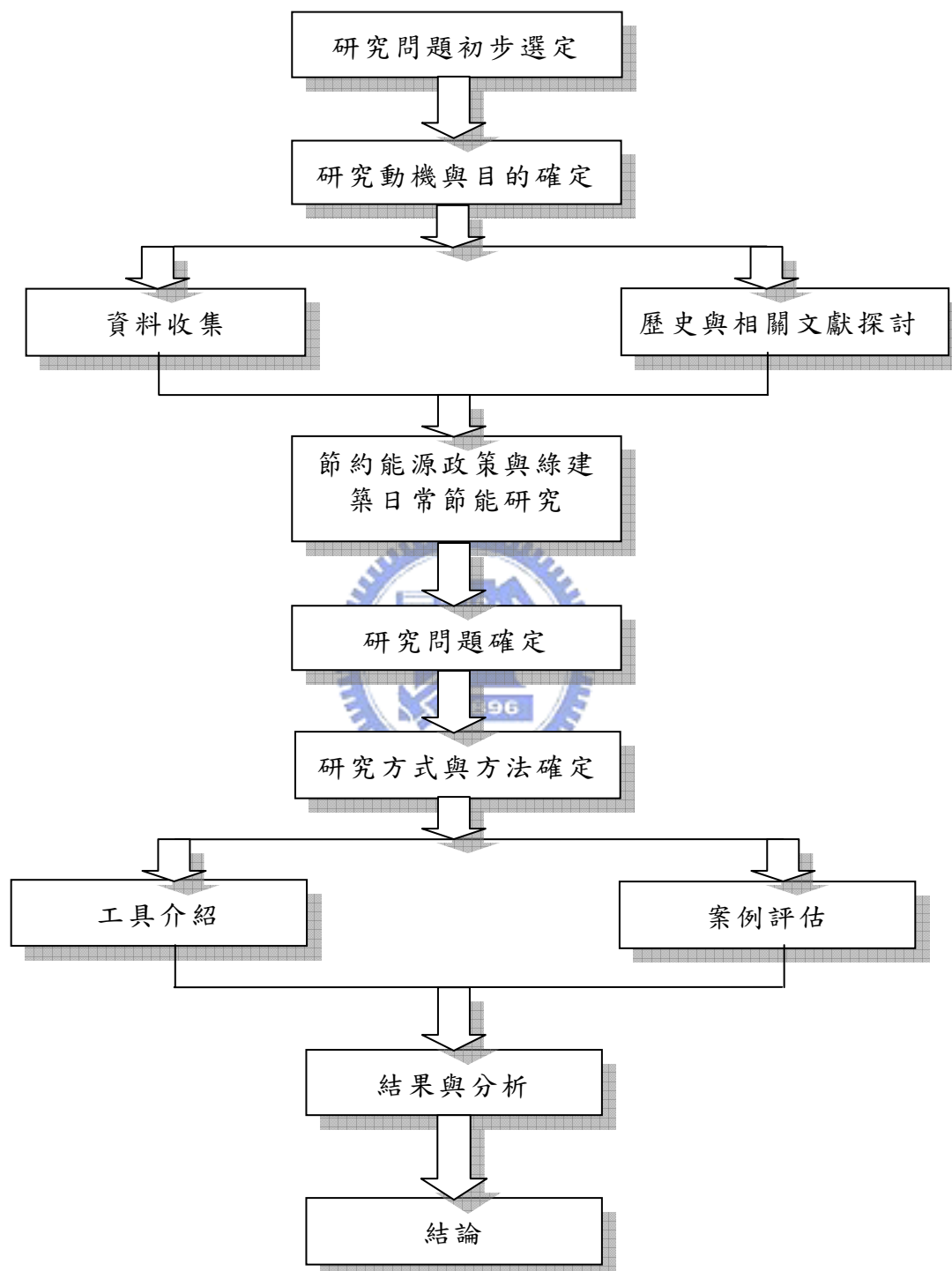


圖 1：本研究流程圖



1.3.2. 研究架構 (如圖 2)

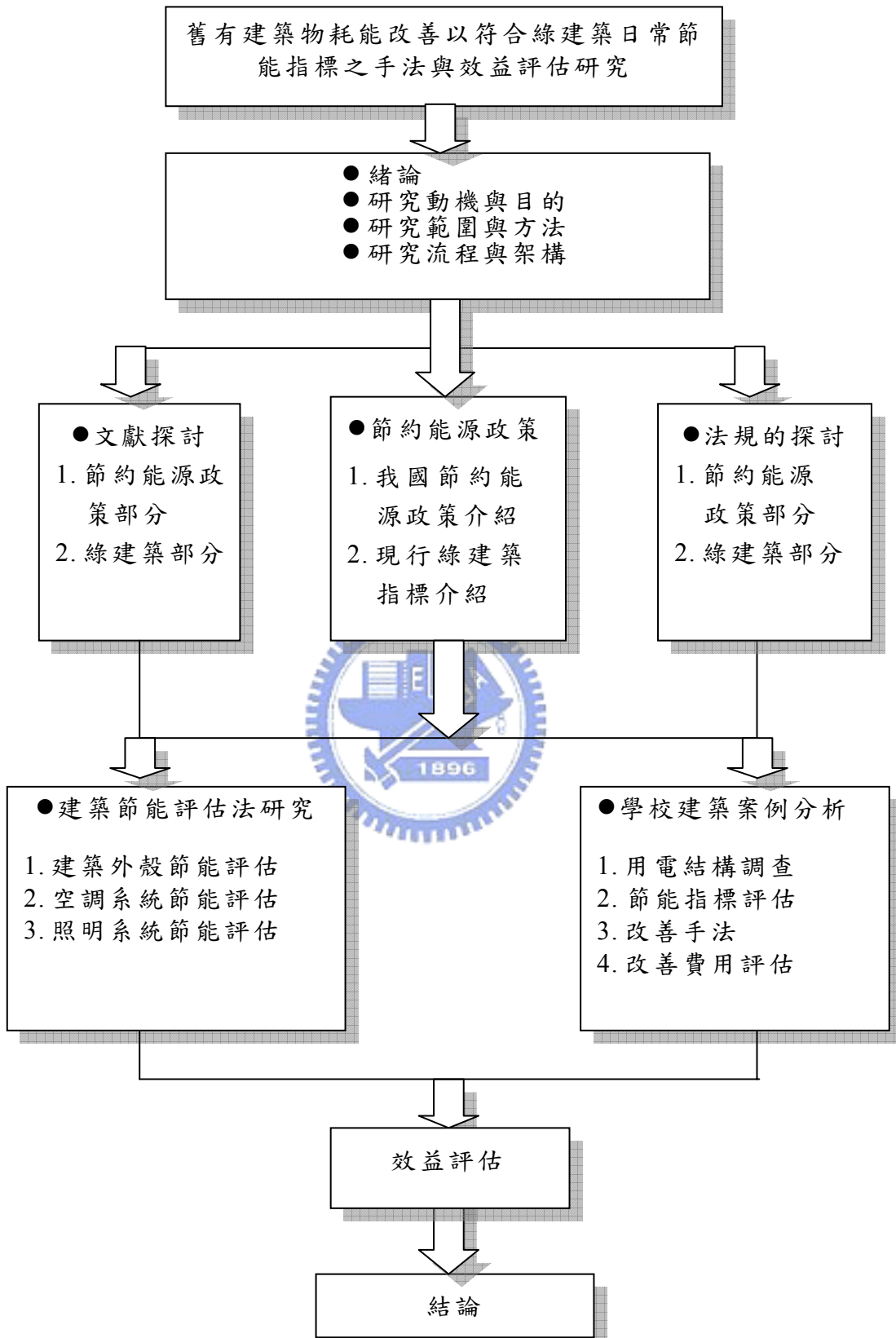


圖 2：本研究架構圖