

電梯電力回生裝置節能應用 技術手冊

經 濟 部 能 源 局 指 導
財團法人台灣綠色生產力基金會 編印
中 華 民 國 一 百 零 五 年 十 二 月

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	V
第一章 前 言.....	1
第二章 國內外推動電梯節能的概況	3
2.1 國內電梯產業概況.....	3
2.2 我國電梯節能潛力推估.....	5
2.3 政府推廣電梯電力回生裝置的措施.....	7
2.4 日本推動電梯電力回生裝置之措施.....	9
2.5 歐盟針對電梯能效標準及 ISO 25745-1~3 之推展.....	10
2.6 美國 LEED 針對電梯電力回生裝置之認定	12
2.7 電梯節能技術發展趨勢.....	14
第三章 電梯原理概要介紹.....	17
3.1 電梯的原理及構造.....	17
3.2 電梯安全裝置概要.....	21
3.3 各型電梯裝置分類.....	25
3.4 智慧節能電梯.....	30
第四章 電梯驅動技術的演進.....	32
4.1 電動機的驅動系統.....	32
4.2 直流(DC)電動機驅動技術	34
4.3 交流(AC)電動機驅動技術	36
4.4 調壓調頻交流電動機 (VVVF)驅動技術	38
4.5 無齒輪式捲揚技術.....	40
第五章 電梯電力回生技術.....	42
5.1 電梯電力回生原理說明.....	42
5.2 電力回生裝置.....	44
5.3 以變頻器實現電力回生.....	45

5.4 節電率與回生電能比.....	48
5.5 實例計算與解說.....	50
第六章 電梯電力回生裝置節能效益分析與案例介紹	53
6.1 電梯電力回生裝置節能實測分析.....	53
6.2 各類型建築電梯裝置電力回生系統測試.....	56
6.3 小結.....	67
6.4 國內電梯電力回生裝置節能案例介紹.....	70
第七章 電梯電力回生裝置應用技術 Q&A	80
第八章 結 語.....	83
編後語.....	85
參考文獻.....	86
附錄-常用名詞解釋	88

圖 目 錄

圖 2.1 建築物升降設備設置及檢查管理辦法	3
圖 2.2-1 建築分類能源大用戶電梯用電分佈比例(%)統計	5
圖 2.2-2 非生產性質能源大用戶用電分布平均統計圖	6
圖 2.2-3 電梯採電力回生裝置之節能潛力推估預測	7
圖 2.5-1 歐洲建築能耗組成分布圖	10
圖 2.5-2 歐洲標委會說明 ISO 25745 與 VDI 4707 電梯能效等級.....	11
圖 2.6-1 以電梯電力回生裝置等節能措施取得 LEED 認證	13
圖 2.6-2 User's Manual for ANSI/ASHRAE/IESNA Standard.....	13
圖 2.7-1 PM 永磁式同步馬達驅動之無齒輪牽引機	15
圖 2.7-2 搭配 LED 燈源新型綠色節能電梯	16
圖 3.1-1 電梯各部構造名稱與位置	19
圖 3.1-2 電梯各部構造名稱、位置及中英對照	20
圖 3.1-3 電梯配重原理示意圖與實照	21
圖 3.3-1 無機房電梯節省空間示意圖	27
圖 3.3-2 電梯分類示意圖	29
圖 3.3-3 永磁馬達之無齒輪捲揚機	30
圖 4.1-1 電梯節能技術發展的演進	32
圖 4.1-2 感應馬達(IM)模型與控制示意圖.....	33
圖 4.1-3 電動機驅動架構示意圖	34
圖 4.2-1 三相感應電動機的構造示意圖	35
圖 4.2-2 傳統電梯用矽控整流器(SCR).....	35
圖 4.2-3 傳統直流電梯電動機驅動架構示意圖	36
圖 4.4-1 電梯系統整體增設電力回生裝置	38
圖 4.4-2 採用電力回生裝置將動能轉換為電能送回供電網絡	40
圖 4.5 無機房電梯採用電力回生裝置將電能送回供電	41
圖 5.1 電梯運行四象限示意圖	43
圖 5.2 電力回生裝置電路原理圖	45

圖 5.3-1 一般變頻器的電路架構	47
圖 5.3-2 二象限變頻器電路示意圖	47
圖 5.3-3 四象限變頻器電路示意圖	48
圖 5.5 現場實際量測運行示意圖	50
圖 6.1-1 現場實際量測示意圖	54
圖 6.1-2 現場使用鉛塊改變電梯配重	54
圖 6.2-1 電梯回生電量與原始耗電實際量測	56
圖 6.2-2 電梯機房及電力回生裝置裝設點	57
圖 6.2-3 電梯電源端實際量測及制動電阻裝設現況	58
圖 6.2-4 電梯電力回生裝置使用實況及制動電阻裝設現況	59
圖 6.2-5 電梯電力回生裝置偕同維保廠商測試	60
圖 6.2-6 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測	61
圖 6.2-7 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測	62
圖 6.2-8 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測	63
圖 6.2-9 電梯電力回生裝置實測現況	64
圖 6.2-10 電梯電力回生裝置實測現況	65
圖 6.2-11 電梯電力回生裝置實測現況	66
圖 6.3 各建築類型電梯電力回生裝置尖離峰節能率比較	68
圖 6.4-1 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	71
圖 6.4-2 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	72
圖 6.4-3 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	73
圖 6.4-4 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	74
圖 6.4-5 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	75
圖 6.4-6 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	76
圖 6.4-7 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	77
圖 6.4-8 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	78
圖 6.4-9 電梯電力回生裝置節能案例現況實照	79

表 目 錄

表 2.3 智慧建築評估說明	8
表 2.4 日本節能法規評估不同種類電梯控制方式所產生耗電量依據的係數	9
表 3.2-1 電梯機械裝置功能說明表	23
表 3.2-2 電梯系統裝置功能說明表	24
表 3.4 現行智慧節能電梯特色說明	31
表 4.1 電梯節能技術演進時程	33
表 5.5 現場實際量測累計電量表	50
表 6.1-1 永磁式同步電動機規格一覽表	54
表 6.1-2 電梯耗能與回生電能測試結果一覽表	55
表 6.2-1 某 O 牌交流感應電動機規格一覽表	57
表 6.2-2 某 F 牌變頻感應電動機規格一覽表	58
表 6.2-3 某 Y 牌變頻感應電動機規格一覽表	59
表 6.2-4 某 G 牌變頻感應電動機規格一覽表	60
表 6.2-5 某牌變頻感應電動機規格一覽表	61
表 6.2-6 某牌變頻感應電動機規格一覽表	62
表 6.2-7 某 Y 牌交流感應電動機規格一覽表	63
表 6.2-8 某 T 牌交流感應電動機規格一覽表	64
表 6.2-9 某日系 T 牌交流感應電動機規格一覽表	65
表 6.2-10 某日系 T 牌交流感應電動機規格一覽表	66
表 6.3-1 電梯電力回生裝置回生率及相關因素統計	67
表 6.3-2 回生率顯著關係因素分析	69

第一章 前言

台灣林木蔥綠、景色優美，素有寶島稱譽！惟我國天然資源蘊藏貧乏，99%能源仰賴進口。面對地球氣候暖化，且善盡地球村公民的責任，政府於全國能源會議結論宣示加強推動節約能源及提高能源使用效率，從而提出具體抑制溫室氣體排放量的行動方案。台灣各處舉目可見辦公大廈、政府機關、百貨公司及量販店等大樓林立，因建築特性及營業需求，大量使用電梯設備供人員及貨物於上下樓層進出，遂使電梯耗費電量甚為可觀。近來節能產品隨著科技進步，無論在品質、技術、控制、設計上已大幅提升效率，加上節能管理政策訂定，擴大了節能產品應用範圍，加速了節能改善時程與需求。特別地如電梯產業而言，新世代綠色環保永磁式馬達電梯(內含電力回生裝置)，已可取代傳統感應馬達電梯，節能達40%以上。

現行馬達制動電能剎車回生技術，無論在回生電力品質與設備穩定度上皆有重大的進步，故節能效果十分顯著。在改善設備的投資金額與回收年限逐年遞減之利基下，無論新舊辦公大樓或百貨業者，都值得針對電梯節省用電及提升效率方案加以重視。許多改善工程實例評估分析，皆證實加設電力回生裝置可節省電梯電費10~40%不等的支出。而電梯產業公司若能整合一系列各類型電梯產品，配合宣導國人及企業重視此節能技術，由社區大樓、公司做起，乃至推廣到全面實施電梯節能，將可大幅降低國內電梯耗電，舒緩我國供電吃緊之壓力。簡言之，藉由製造商提供節能電梯產品，並鼓勵消費者以省能新產品取代傳統電梯設備，以達到節約能源之效益及保護環境之最終目的。

財團法人台灣綠色生產力基金會（以下簡稱本會）受經濟部能源局委託，進行現場節能輔導時，了解國內住商各行業能源管理者及業者急需電梯電力回生裝置節能應用技術知識、選購指南及維護等參考

資料。有鑑於此，故委請國內電梯控制及馬達驅動模擬上有長期精闢分析與研究的專家學者，國立台北科技大學電機工程系練教授光祐撰稿，並配合本會節能技術服務資料，彙編成此「電梯電力回生裝置節能應用技術手冊」。本手冊介紹電梯運行基本原理、種類、能效分別與節能設備選用、維護須知及節能應用與案例等內容，提供各能源用戶參考。

第二章 國內外推動電梯節能的概況

隨著社會進步，高樓建築到處林立，國人對於升降裝置的使用越趨頻繁，依賴程度倍增。電梯是一造價相當昂貴的設備，雖是經常性的搭乘使用，卻非一般使用者均能充分了解其整體結構。又電梯的運行涉及公共安全，政府針對電梯使用安全推展上十分積極，設有健全的標準與規範(如圖 2.1)。依據內政部營建署建築物升降設備安全檢查統計資料，103 年國內建築物升降設備共計約 16 萬台。【1】

本章主要介紹台灣電梯耗能概況與國際間回生裝置施行之現況，使讀者了解未來國內推動電梯電力回生裝置應用技術之節能潛力與市場規模。

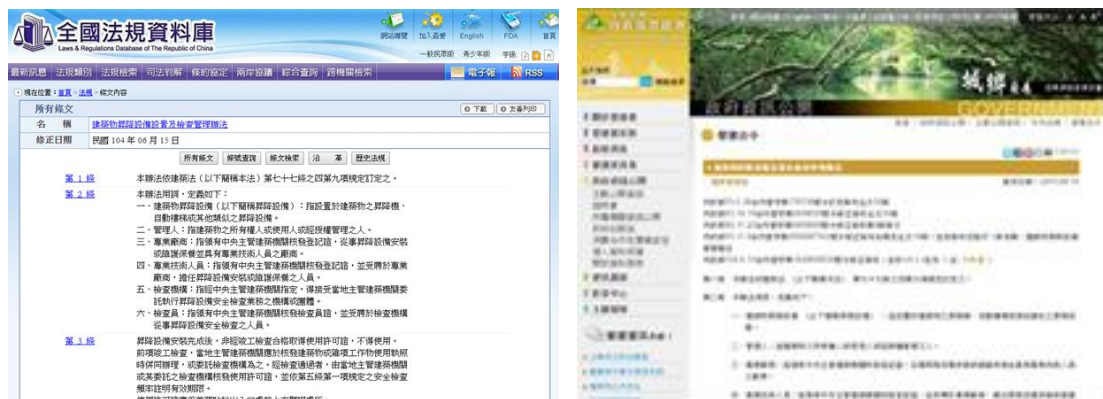


圖 2.1 建築物升降設備設置及檢查管理辦法【2】【3】

2.1 國內電梯產業概況

1. 電梯產業概述與特性

電梯產業狀況一向與營建業景氣息息相關，新推案量愈多，對電梯的需求自然愈大，屬於典型的內需型產業。基本上來說，電梯產品並無固定規格，必須配合不同客戶不同的需求量身訂做，在營建業者推出新案之初，電梯業者即須參與設計與規劃，直到後期接近完工階段時，才施做電梯的安裝工作。因此，電梯工程通常處於整個營建工程的後段，一

般平均約落後 8 個月至 1 年半之間。

電梯產業採取的是完工比例法入帳，一般市場的慣例是在組件送抵工地後，即照契約收足 8 成的款項，而在最後組裝、試車完成後，才認列其餘 2 成的收入，因此業者單月營收的起伏有時會較大。此外，若電梯系統沒有順利運作，營建業者將無法取得完工證明，再加上其實電梯產品占總體營建推案金額的比重並不高，因此，電梯業者比較不須面對收款的呆帳問題。

而除了新裝電梯市場外，汰舊換新與維修保養也是電梯業者的二大商機來源。一般來說，一台電梯產品的使用年限約為 15 年，但若保養得宜，時間拉長至 20 年、甚至是 25 年也不會有問題，因此，若在一個發展已達成熟階段的市場中，汰舊換新的商機倒是頗值得期待。此外，電梯產品在安裝完畢後，後續必須要進行定期的維修保養，而且隨著時間拉長，業者累積的裝置台數若越多，則維修保養收入對業績的挹注效果也會越形顯著。【5】

2. 國內市場分析

國內電梯產業發展已有 40 餘年的歷史，早期的步調並不快，直到後來隨著經濟蓬勃發展，國民所得日益提高，加上房地產市場交投轉趨熱絡，才大幅提升國內電梯需求量。在 1994 年至 1995 年間，國內電梯市場的景氣達到最高峰，一年新增的電梯數量超過 1.2 萬台，之後隨著營建業景氣每況愈下，市場需求也開始走下坡，到了 2001 年新增電梯的數量僅有先前高峰時期的三分之一，約為 4,000 台，衰退幅度相當驚人；現則因觀光產業的崛起，依據中華民國內政部營建署營建統計年報資料顯示，電梯年平均新增數量約在 7,000~8,000 台（僅占全台電梯總數 3~5%），故推估全台現有使用之電梯數量

約在 16~17 萬台左右(以 MatLab 系統模擬推估得知)。

2.2 我國電梯節能潛力推估

根據住商能源查核申報資料，得知歷年電梯用電分布比例，依建築分類之統計數字如圖 2.1-1【4】。可知電梯耗電占比中，以辦公大樓、政府機關最高；百貨公司、複合式商場及量販店次之(因建築特性及營業需求)。

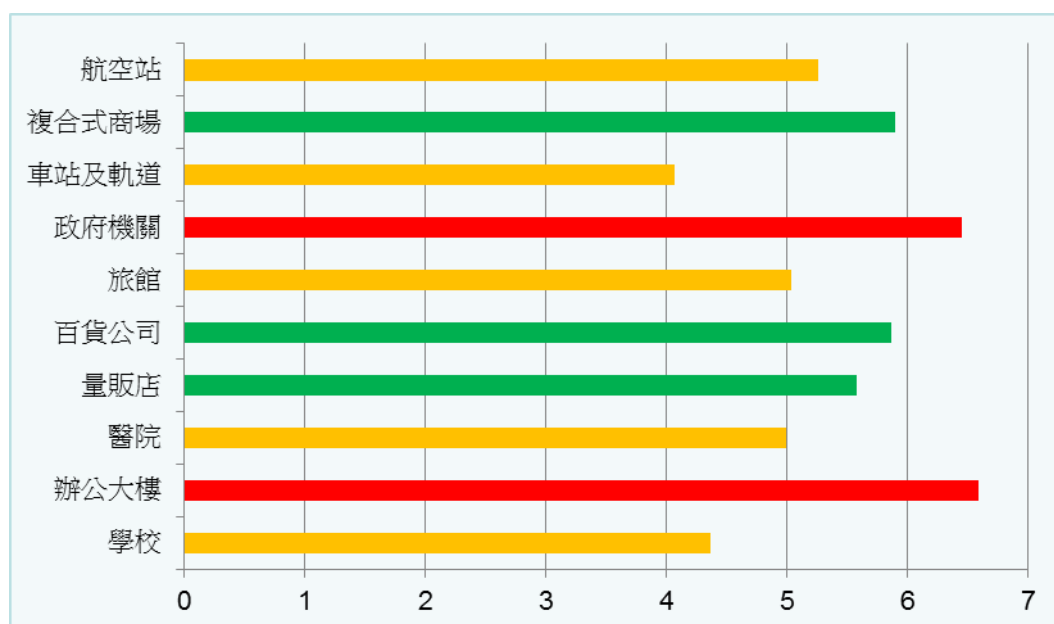


圖 2.2-1 建築分類能源大用戶電梯用電分佈比例(%)統計

依住商大用戶 104 年統計資料，電梯(含電扶梯)用電占建築整體用電平均約 4.54%(約 6.8 億度電)，僅次於空調、照明及事務設備用電。如圖 2.1-2 所示，可知提高電梯能效，減少電梯用電極為重要。

建築物 用途分類	空調設備	照明設備	冷凍冷藏設備	事務設備	送排風設備	給水污水設備	電梯設備	其它設備
學校	45.72	26.38	3.42	8.34	2.58	3.64	3.73	6.18
辦公大樓	48.3	20.51	1.13	9.46	4.39	3.22	6.76	6.23
醫院	49.65	17.88	4.12	6.41	5.46	3.53	5.28	7.67
量販店	40.04	20.64	17.13	3.04	4.41	3.29	5.96	5.47
百貨公司	44.6	28.23	4.3	4.8	4.6	3.22	5.47	4.79
旅館	46.19	21.03	7.29	3.65	4.73	4.82	5.51	6.78
政府機關	43.08	18.63	1.7	9.24	4.43	3.91	6.69	12.31
車站及軌道	19.12	7.28	0.33	1.87	3.27	1.82	3.62	62.68
電信網路機房	37.87	7.98	0.07	5.77	1.18	1.27	1.72	44.15
研究機構	42.97	13.05	7.32	6.8	4.09	2.94	1.63	21.21
展覽館	52.28	20.58	1.8	6.66	2.92	2.85	2.69	10.22
複合式商場	40.67	28.06	3.71	2.44	3.89	4.54	7.12	9.58
航空站	47.14	28.21	0.96	5.88	9.14	2.64	2.8	3.23
平均	42.89	19.88	4.10	5.72	4.24	3.21	4.54	15.42

圖 2.2-2 非生產性質能源大用戶用電分布平均統計圖【4】

各國將電梯耗電列為節能減碳主要議題，並以國家計畫方式推動改善，從歐洲、美國、日本等先進國家至其他已開發與開發中國家均在大力推動。在市場方面，電梯電力回生裝置應用在建築節能與再生領域一直穩定性發展中，且應用範圍不斷擴大。根據住商部門對於未來電力回生裝置滲透率推估以及電梯電力回生裝置之實測節能率以節電回生率平均約為 21% 估算，若我國住商用戶之電梯均能逐步裝設此一裝置，以年增率 8.33% 推估年節電約可達 1.7 億度，相當於減少 228 座大安森林公園 1 年的碳吸附量。

另僅針對能源住商大用戶部分做電梯電力回生裝置經濟效益模擬分析得知，目前此項設備適用推廣於電梯使用頻率較高的建築類型，過去在電價為 2.802 元/度時不具經濟效益，但若以 104 年的平均電價 2.9331 元/度而言，已具回收具效益(採用保守估計模式，以辦公大樓使用時數為例)，因此，後續針對此項設備應可積極推廣，亦須針對此項設備進行相關分析，以推估研擬節約能源規定的可行性。

項目	單位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
住商新增總裝置量	台	1,228	1,228	1,228	23,832	23,832	23,832	23,832	23,832
累計新增裝置量	台	1,228	2,456	3,684	27,516	51,348	75,180	99,012	122,844
單位投資成本	元/台	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
效率(額定功率)	kW	18	18	18	18	18	18	18	18
年運轉時數	hrs	365	365	365	365	365	365	365	365
使用年限	年	15	15	15	15	15	15	15	15
較既有技術新增投資成本	百萬元	49	49	49	953.3	953.3	953.3	953.3	953.3
累計新增投資成本	百萬元	49	98	147	1,100.60	2,053.90	3,007.20	3,960.50	4,913.80
均化投資成本	百萬元/年	5	9	14	106	197.9	289.7	381.6	473.4
Ann. Fuelcost	百萬元/年	-4.9	-10.32	-16.11	-116.17	-205.45	-315.33	-424.85	-532.19
Total annual cost	百萬元/年	-0.17	-0.85	-1.92	-10.13	-7.57	-25.61	-43.29	-58.79
相對既有技術的年節能量	單位	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
年節電量(ELC)	GWh	1.69	3.39	5.08	37.96	70.84	103.73	136.61	169.49

圖 2.2-3 電梯採電力回生裝置之節能潛力推估預測【6】

2.3 政府推廣電梯電力回生裝置的措施

為了使臺灣的智慧建築規劃設計有明確的依據，內政部建築研究所在民國 92 年就已經發展了智慧建築評估系統，符合該系統所設訂各項基準的新建建築物，可申請頒發「智慧建築標章證書」。

其中在功能選項指標群-節能管理部分，電梯電力回生裝置可以節能技術及再生能源設備之鼓勵項目取得分數，並以部分補助之精神協助各地方政府機關、軍事單位、公立醫院、圖書館、國立大專院校及各級中小學(內政部建築研究所公有建築物智慧化改善工作計畫獎勵)於系統整合應用項目導入電梯電力回生裝置增設安裝，並要求廠商應提供 3 年以上的保固。【7】

表 2.3 智慧建築評估說明【8】

大指標群	指 標 內 容	
	指標名稱	評估要項
基礎設施指標群 (4 項均須通過)	1.綜合佈線	建築物通信佈線系統之規劃設計、可支援之服務、導入時機與流程管制、佈線系統等級與整合度、佈線系統管理機制、佈線新技術導入程度。
	2.資訊通信	建築物廣域網路之接取設計、數位式(含 IP)電話交換、公眾行動通信涵蓋(含共構)、區域網路、視訊會議、公共廣播、公共天線及有線電視、公共資訊顯示及導覽
	3.系統整合	建築物營運資訊系統整合之程度、系統整合之方式、整合管理方式、系統整合平台、整合的安全機制
	4.設施管理	建築物內財產與營運效能之使用管理、建築設備維護管理
功能選項指標群 (至少 1 項通過)	5.安全防災	建築物防災、人身安全
	6.健康舒適	空間環境指標、視環境指標、溫熱環境指標、空氣環境指標、水環境指標、健康照護管理系統
	7.便利貼心	空間輔助系統、資訊服務系統、生活服務系統
	8.節能管理	建築物能源監視系統、能源管理系統、設備效率、節能技術、再生能源設備

2.4 日本推動電梯電力回生裝置之措施

日本政府於今(2016)年 3 月 11 日公告修訂法律《關於提升建築物能源消費性能之法律案》，要求新設非住宅建築物需肩負節能義務；並預定於 2017 年 4 月徹底實行這項新法，2020 年以前對所有新建住宅、非住宅建築物設立符合次世代節能基準義務之方針要求。舉例而言，電梯部份若設有電梯電力回生裝置(如表 2.4 所示【11】，其係數 1/40 比之於 1/20，乃意謂耗電量僅其一半，可見採用變頻控制效率好上許多，加裝電力回生裝置又更加節能)，於該系統執行計算後將有其相對優勢，而在新設非住宅建築節能義務化之後，以節能程度來看，據 ACE HOME 等單位對日本節能國策的分析，未來的進程依序是，符合節能基準（一次性能源消費量符合標準）【12】，低碳住宅（比 2013 年改訂的節能標準再省 10%以上）、零能源消費住宅（ZEH：Zero Energy House），到最終的生命週期減碳住宅（LCCM：Life Cycle Carbon Minus）；為促進省能源住宅的普及，對於採用再生能源裝置的建物給予登錄稅之免許或減免，讓民眾有誘因購買能效表現相對較好之住宅。同時像是電梯電力回生裝置這類節能設備，也另有相對的加分功效【9】（日本建築規範標準有所謂計點法，其中具電力回生裝置變頻器採計 40 點，無電力回生裝置的變頻器採計 20 點，可見其對於加裝電力回生裝置的重視）。【10】

表 2.4 日本節能法規評估不同種類電梯控制方式所產生耗電量依據的係數

選択肢	適用	制御方式 による係数
交流帰還制御方式等	交流帰還制御方式、ワードレオナード式、静止レオナード方式(サイリスタレオナード方式)、交流二段方式等	1/20
可変電圧可変周波数制御方式 (回生なし)	インバーターによって交流巻き上げ電動機の印加電圧と周波数を制御することにより速度を制御する方式。回生電力の再利用はなし。	1/40
可変電圧可変周波数制御方式 (回生あり)	インバーターによって交流巻き上げ電動機の印加電圧と周波数を制御することにより速度を制御する方式。また、通常走行時に回生運転中の回生電力を昇降機に蓄電し、この電力を再利用する。	1/45

2.5 歐盟針對電梯能效標準及 ISO 25745-1~3 之推展

經統計建築耗能佔歐盟能源消耗近 40%。在歐洲電梯能耗平均占建築總能耗的 4%，故電梯能耗的節能潛力與改善空間甚為重要。根據歐盟 2008 年統計，全球共有 850 萬部電梯運轉中，其中歐洲的 450 萬電梯每年約消耗 180 億度電力，約為 2 座瑞士 Leibstadt 核能電廠發電量。且推估每年約有 45 萬部新電梯持續安裝中，今年全球約有近 1,200 萬部。目前電梯設置時若能減降 25% 能耗成本，全球每年應可減少約 50 億度電力的能源消耗，亦即相當於減少約 310 萬噸的二氧化碳產生。

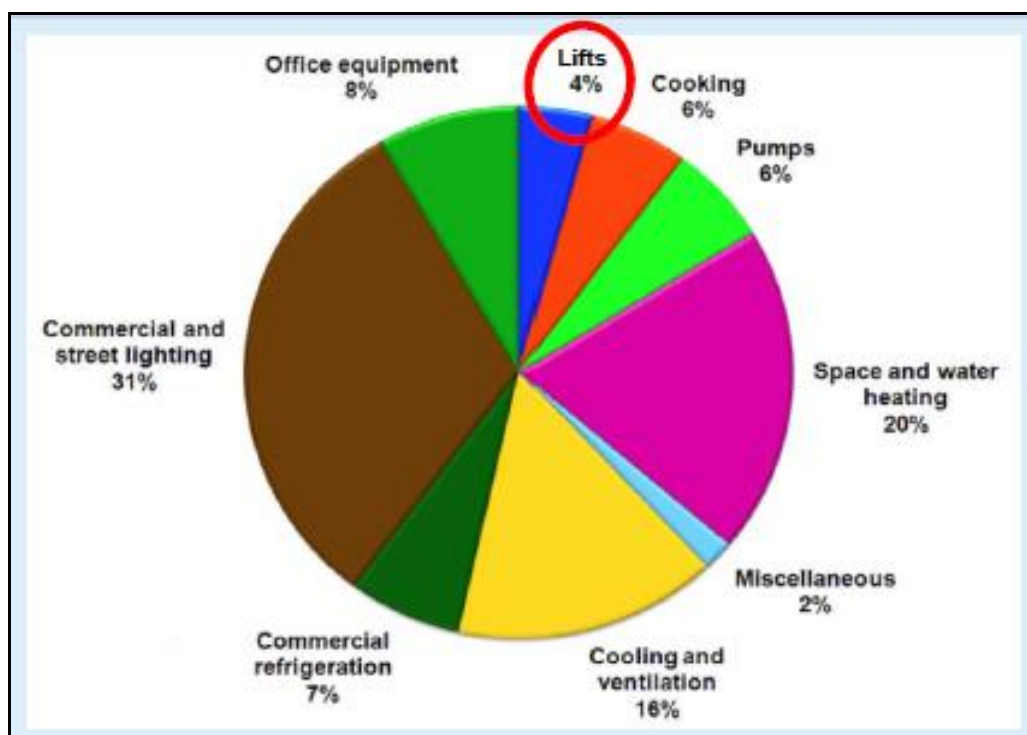


圖 2.5-1 歐洲建築能耗組成分布圖【13】

目前歐洲大多依據德國工程師協會 VDI 4707 標準規定實施其自主性電梯能效認證，英國則是採用 BS EN ISO 25745，其共通條件為擁有電力回生電梯均為能效標準之最高等級；VDI 4707

最早於 2009 年 3 月由德國工程師協會頒佈，此標準提供了電梯能源消耗評估及標識工作所需的測量及計算的基礎。其內容相似於歐盟建築能源性能指令及德國的建築節能法案 EnEV，VDI 4707 也對每部電梯提供了統一制式的能源證書標章，共分為 A 至 G 的 7 個能源效率等級，以利輕易瞭解辨識。主要目的為針對不同的建築樓層高度、電梯型式、用途及使用頻率，歸納成「使用類別」進行分級，並採用「特定能量需求(Specific Energy Demand)」 $\text{mWh}/(\text{kg} \cdot \text{m})$ 為評價基準單位，進行能源效率分級。綜觀 VDI 4707 能源效率評估的 2 項主要能耗因子：待機能量需求&運行能量需求，此外還需推估預測「每年總能量需求」；亦提供改善能源效率的指導方針。另 BREEAM 英國新建築非住宅類型建築技術手冊根據 ISO 25745 最新標準【14】，宣布新設建築電梯設備應符合其能效認證。ISO 25745 是將電梯能量計算和分類的全球新標準。其中 A 等級須使用創新的技術和效率管理，如電梯電力回生裝置，待機低耗能模式和 LED 照明，且須由外部第三方認證。取得 A 級認證電梯與上世紀 90 年代的電梯相比，電梯能效幾乎提高了 90%，大大降低了電梯的耗能。

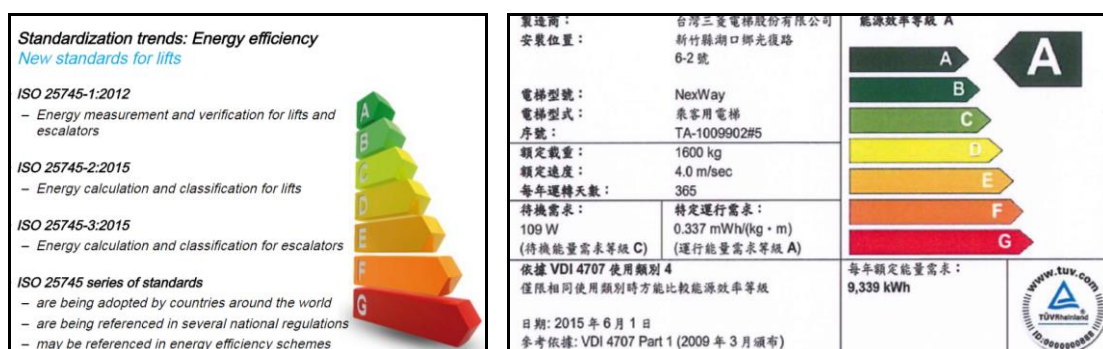


圖 2.5-2 歐洲標委會說明 ISO 25745 與 VDI 4707 電梯能效等級【15】

2.6 美國 LEED 針對電梯電力回生裝置之認定

LEED「能源與環境先導設計」目前已成為全美國各州公認之綠建築評估準則，各地方政府陸續將取得 LEED 認證標章列為公共建設之必要條件，近年來更廣為全世界其他先進國家所採用，或當作該國制定綠建築評估系統之範本；因此近期亞洲國家包括台灣的大型公共建設及廠辦建築等也以獲得 LEED 綠建築標章為重要指標。

LEED 領先能源與環境設計是美國綠建築協會在 2000 年設立的一項綠建築評分認證系統，用以評估建築績效是否能符合永續性。這套標準逐步修正，目前適用版本為 2009 版本。適用建物類型包含：新建案、既有建築物、商業建築內部設計、學校、租屋與住家等。對於新建案（LEED NC），評分項目包括 7 大指標：永續性建址（Sustainable Site）、用水效率（Water Efficiency）、能源和大氣（Energy and Atmosphere）、材料和資源（Materials and Resources）、室內環境品質（Indoor Environmental Quality）、革新和設計過程（Innovation and Design Process）、及區域優先性（Regional Priority）。

評分系統中，總分為 110 分。申請 LEED 的建築物，如評分達 40-49，則該建築物為 LEED 認證級（Certified）；評分達 50-59，則該建築物達到 LEED 銀級認證（Silver）；如評分達 60-79，則該建築物達到 LEED 金級認證；如評分達 80 分以上，則該建築物達到 LEED 白金級認證（Platinum）。【16】【17】

目前台灣以取得 LEED 認證的建物為辦公總部大樓，如：台北 101（LEED EBOM 白金級）；遠雄集團信義區 03 金融大樓（LEED NC 黃金等級）；以及台達電子集團高科技廠房與企業總部等。近兩年來，針對醫療院所類的 LEED HC（Healthcare），在台灣逐漸受到各醫療體系的重視，因為藉此可作為高品質醫療環境以及綠色建築的象徵。



圖 2.6-1 以電梯電力回生裝置等節能措施取得 LEED 認證【18】【19】

若以電梯電力回生裝置取得 LEED 相關分數，則其應為 LEED EB 能源與大氣類中之「能源效率最佳化」。電梯電力回生裝置系統對 LEED 的「能源效率最佳化」之分數取得確實有所貢獻，以下為 LEED-NC EAp2(如圖 2.6-2)選項一之條文節錄：

IESVE & ASHRAE 90.1 2004, 2007, and 2010 Appendix G Performance Rating Method IES IES Virtual Environment & Compliance with ASHRAE 90.1 2004, 2007, and 2010 Appendix G Performance Rating Method Supplied by: Integrated Environmental Solutions (IES) Ltd. Software Vendor Software Version: Virtual Environment 2014 (VE 2014) Date: May 2014 Introduction The purpose of this document is to provide an overview of the capabilities of the IES Virtual Environment (VE) software in relation to the requirements of ASHRAE 90.1 2004, ASHRAE 90.1 2007 and ASHRAE 90.1 2010, Appendix G, Performance Rating Method for application to projects pursuing LEED EAp2 & EAc1 for new construction and core & shell. Relevant excerpts have been taken directly from ASHRAE 90.1-2007, Appendix G, Section 2.2 "Simulation Program", and used as headings underneath which a thorough explanation of VE capabilities has been provided. G2.2 Simulation Program. The simulation program shall be a computer-based program for the analysis of energy consumption in buildings (a program such as, but not limited to, DOE-2, BLAST, or EnergyPlus). The simulation program shall include calculation methodologies for the building components being modeled. For components that cannot be modeled by the simulation program, the exceptional calculation methods requirements in Section G2.5 may be used.	G2.5 Exceptional Calculation Method • Exceptional Calculation Method ➢ Used when no simulation program is available that adequately models a design, material, or device ➢ Approved at the discretion of the "rating authority" • Must include documentation of the calculations and equipment performance • Include any other supporting information FEMP
---	---

圖 2.6-2 User's Manual for ANSI/ASHRAE/IESNA Standard【20】

建築物能耗模擬：相比於基準建築的性能等級，新建築性能級別要證明有 10%（含）以上的提升。

製程能耗：須包括（但不限於）辦公與一般用設備、電腦、電梯和扶梯、廚房炊事和冰箱、洗衣烘乾、額外的照明（如醫療設備的照明）和其它（如水簾泵）。

非製程能耗：包括照明（如室內、車庫、停車場、外觀照明、地面照明和上述以外者）、暖通空調（像採暖、空調、通風、水泵、廁衛通風、車庫通風、廚房排油煙等）和生活熱水及空間加熱等。

電梯電力回生裝置亦可以按照 ASHRAE 90.1-2007 G2.5 所提供的例外計算方法，以文件及現場功能調適證明降低能耗的措施。唯額外加強功能驗證需配合第三方進行之，以符合例外計算之節能成效佐證。另節能效益之量測與確認則須如上節所述 VDI 4707 或 ISO 25745 認證之專業廠商進行量測與驗證作業，以確保電梯電力回生裝置達成節能成效。【21】【22】

2.7 電梯節能技術發展趨勢

建築節能為我國政府多年來的重點工作。尤其電梯僅次於冷氣空調及照明用電量，但遠高於事務設備、抽排風與供水等用電量。且由於運轉時間較長，因此將電梯電力回生裝置技術與現有電梯設備結合，使用高效率節能電梯已成大勢所趨。

現行綠色節能電梯發展的主要方向有以下幾個途徑，即改進機械傳動和電力控制系統，例如將直流電動機或交流雙速電動機改為變頻調壓調頻調速控制 (Variable Voltage Variable Frequency Inverter, VVVF) 系統，電能損耗應可減少 20% 以上。若再將傳統的齒輪減速機構改為 PM 永磁式同步馬達驅動之無齒輪牽引機(如圖 2.7-1 所示)，運行效率與傳統電梯相比大幅提升，比傳統的傳動方式效率提升 40%。由於無齒輪牽引機通過非接觸式電磁力傳遞扭矩，還能降低扭力震動，也就是說，乘

客在坐電梯的時候，也不會產生以往每停一層樓就左右晃動的感覺，大幅提升了電梯乘坐時的舒適性。此外，由於沒有齒輪部件也無需使用潤滑油進行潤滑，無齒輪牽引驅動也可以通過節省潤滑劑的使用，讓整部電梯無環境污染，使用的時候也更加清潔。



圖 2.7-1 PM 永磁式同步馬達驅動之無齒輪牽引機【23】

其次，可以將電梯於回生運轉時之直流匯流排回生電能經由整流濾波後回生市電，達到節能省電之目的。若能裝置使用電梯電力回生系統，其所產生之節能效益將可達 10~30%，其節電回生率平均約為 23.1%。在抑制電梯用電成長方面有相當助益。

另外，使用 LED 燈源更新電梯車廂傳統常使用之螢光燈具，可節約照明用量近 50%，其燈源壽命亦為傳統燈具的 3 倍以上。搭配待機控制運轉模式，無人乘坐時照明燈源關閉，與各種外型設計和光學效果，更顯美觀大方(如圖 2.7-2 所示)。

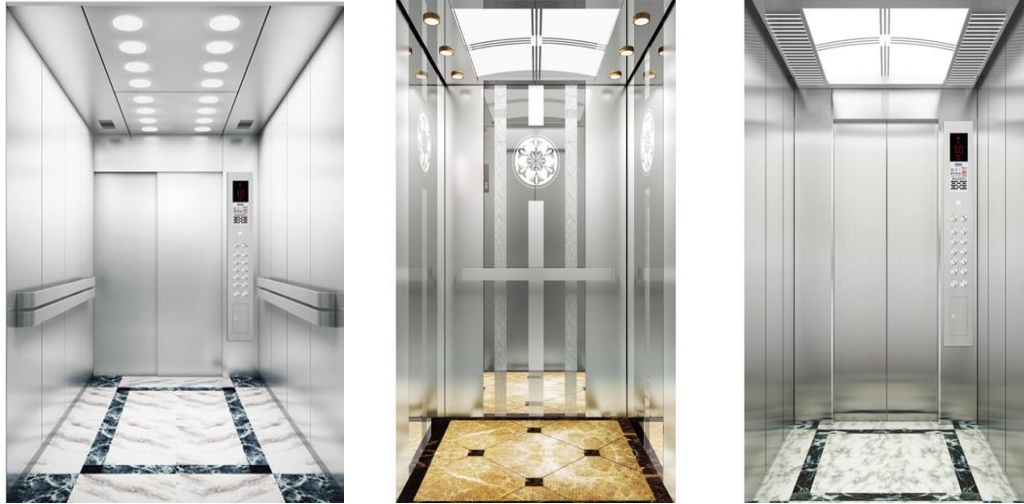


圖 2.7-2 搭配 LED 燈源新型綠色節能電梯【24】

第三章 電梯原理概要介紹

現代化都市大樓建築，在趨向高層化、大規模化的發展趨勢下，電梯已成為大樓內維繫人員及貨物上下流通的主要通道。大樓用戶或訪客每天出入往來，無不經常搭乘電梯。電梯已經成為大樓的必要設備，不僅節省了人們上下樓梯的力氣，也提高了空間的利用價值，使得大樓得以越蓋越高，容積率可提升等。

本章主要介紹電梯的基本原理與構造，並概略性的介紹現階段已在市面上銷售且佔有一定市場之電梯裝置別，俾使能源用戶及使用端瞭解自己即是未來推動電梯電力回生裝置節能應用技術之主要裝置對象及具有之節能潛力。

3.1 電梯的原理及構造

一般人常把電梯供搭乘用的車廂(裝載人、物的車廂室部份)逕稱為電梯；但電梯整體上應包含如圖 3.1-1 或圖 3.1-2 所列全部。它是由數十種類機械與電機物件所構成的，有複雜且精密的電機控制單件和機械構件。然而簡單來看，電梯的基本工作原理實為定滑輪組(如圖 3.1-3)：一側是乘客(Passenger)搭乘的車廂側；另外一側是掛鐵塊的配重側；兩者透過鋼索連結起來，中間滑輪部分代表的即是由馬達驅動之捲揚機。鐵塊配重側的重量用以下方式決定：

$$\text{配重側總重量} = (\text{車廂側空車重量} + \text{車廂側滿載重量}) \div 2$$

舉例而言，假設車廂空車時本身淨重是 500 公斤、最大限重 800 公斤，則配重側總重必須是 $(500+1300)/2 = 900$ 公斤。這麼訂的好處是可以極小化捲揚機的最大負荷。如上例，可讓捲揚機的最大負荷從 1300 公斤變小為 400 公斤。當驅動系統的負荷容量變小時，有助於減少各元件的製造成本及體積大小。

目前的電梯大部份都是採用捲揚機槽輪和鋼索之間的磨擦來做驅動的牽引。此外還有油壓電梯，油壓電梯具有升降通道上面不需要設置機械室的優點；不過因為油壓的柱塞(Plunger)長度有限制，僅適合在行程 20 公尺以下的汽車、病床、大型貨物及工廠進出貨等場合使用。牽引式電梯係依靠鋼索把車廂和配重做吊掛式結合，再分別由專用導軌引導其垂直升降。安置捲揚機、驅動馬達及控制器的地方統稱機械室，通常設置在升降通道的最上端處。因建築結構的關係而設置在升降通道下方側面的也有；電梯機械室之控制器是以活動的電纜和車廂相連接。電梯主要的機器位置說明如圖 3.1-1 及圖 3.1-2 所示(各部機構名稱及功能說明詳如附錄)。

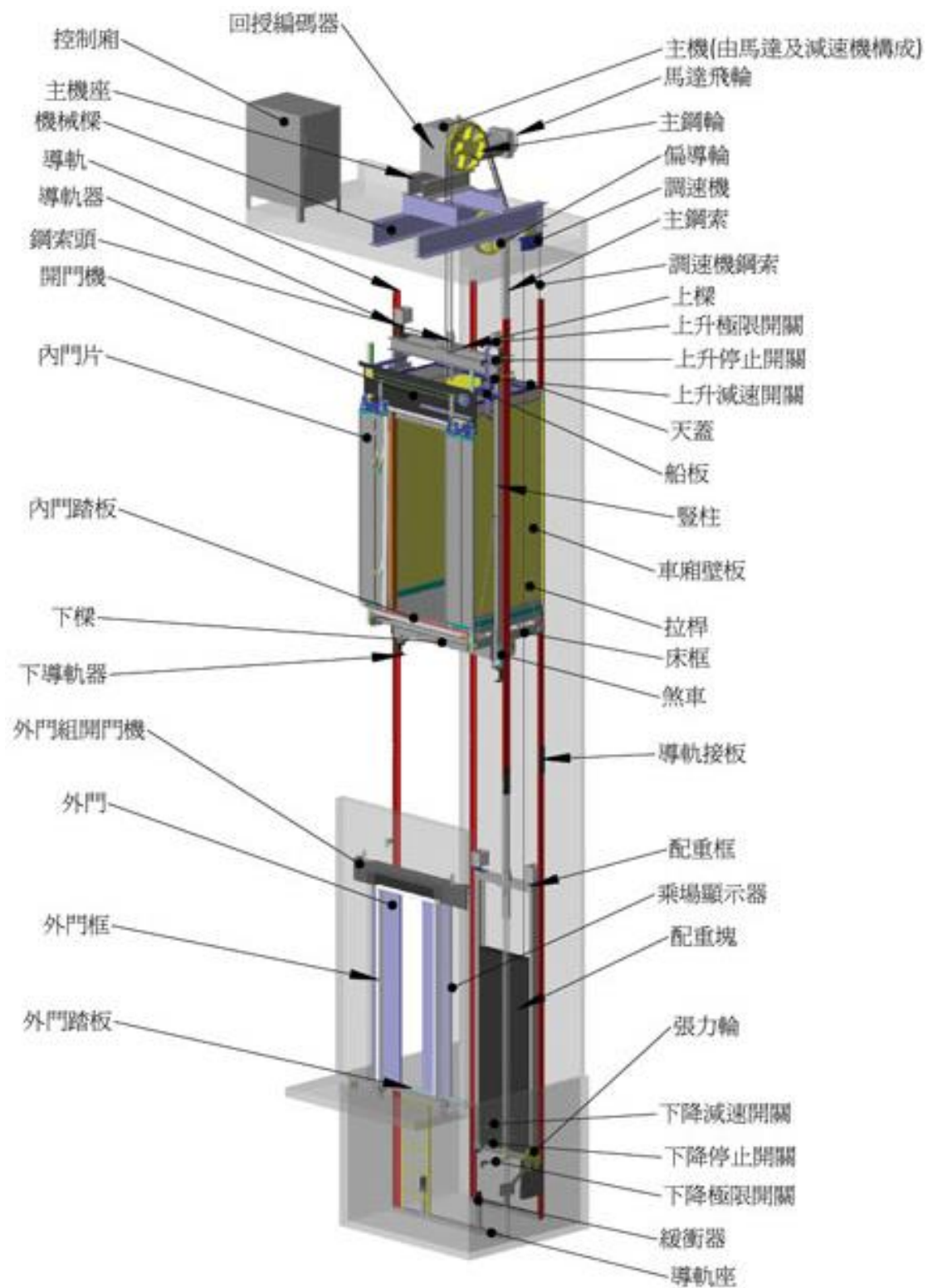


圖 3.1-1 電梯各部構造名稱與位置【25】

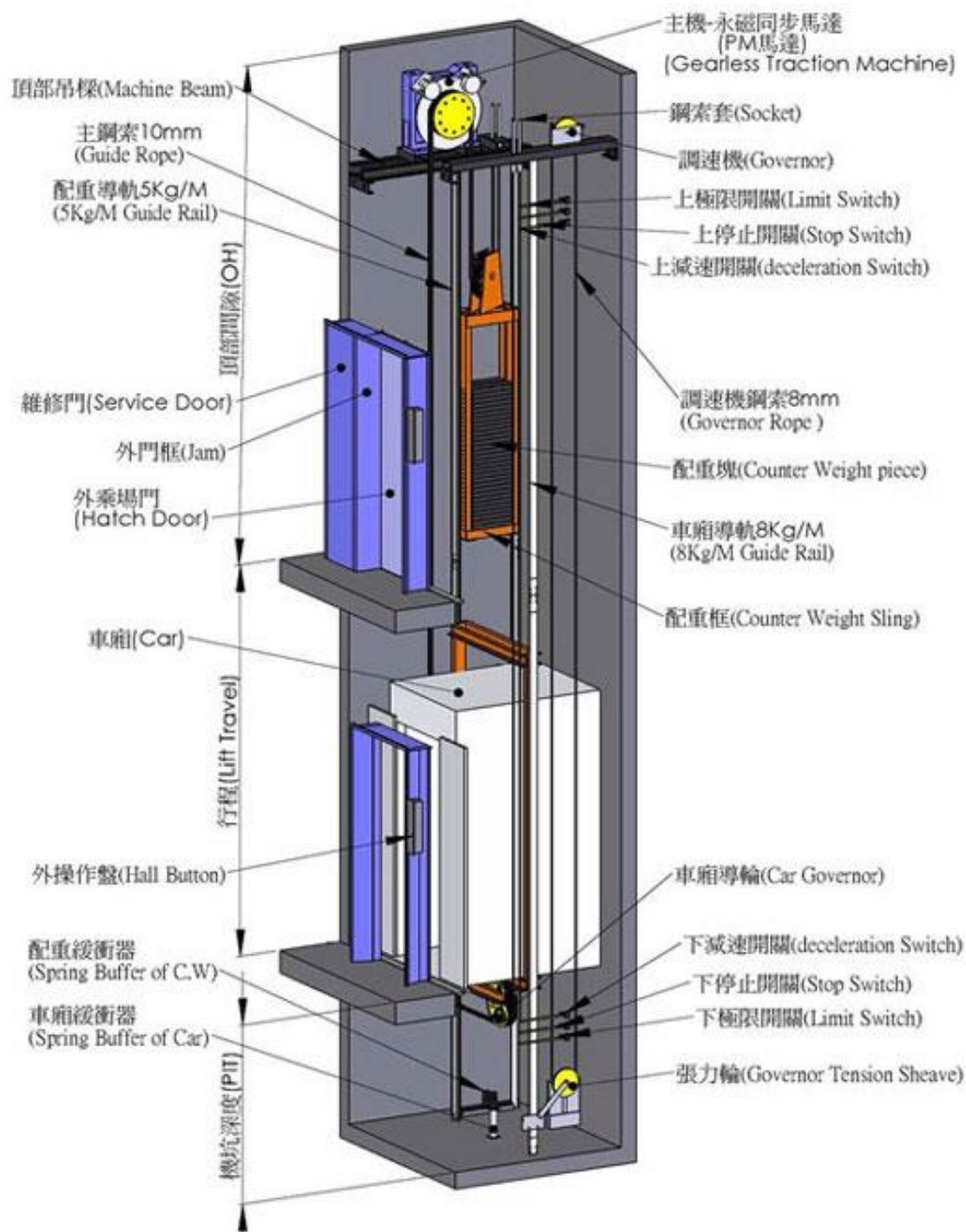


圖 3.1-2 電梯各部構造名稱、位置及中英對照【25】

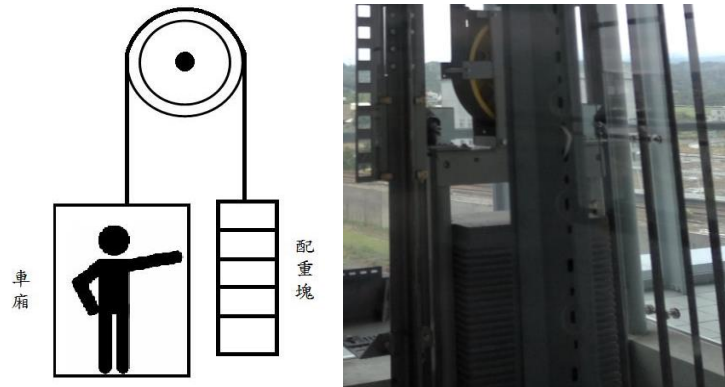


圖 3.1-3 電梯配重原理示意圖與實照

3.2 電梯安全裝置概要

電梯是要求「高安全性」的裝置，故設有多重的安全系統，以確保在各種情況下，電梯的乘客或保養人員，安全上都能獲得保障。以下所述係一般電梯，在安全保護方面的基本設施。

(1) 電磁制動器

電梯運轉中是依靠電磁力來鬆開制動器履，在電動機主回路被切斷同時，以彈簧將制動器煞車鞑塊制動住煞車鼓或碟盤使電梯確實保持停止。

(2) 調速機(Governor)

經常性監視電梯的速度，當速度有異常增大時，進行下面二道動作：作為第一道動作是電梯的速度不超出額定速度的 1.3 倍之前切斷作動開關，接著切斷電動機回路，同時作動制動器(額定速度為每分鐘 45m 以下之電梯，在速度達每分鐘 60m 之前作動)；第二道動作是電梯的速度不超出額定速度的 1.4 倍之前將緊急停止裝置動作，確實有效的固定在軌道上，制止車廂下降(額定速度為每分鐘 45m 以下之電梯，在速度達每分鐘 63m 之前作動)。

(3)緊急停止裝置

萬一鋼索斷裂時或其他未能預測之原因，致使車廂下降速度明顯增加時，為了阻止其下降，因此在車廂框架設置能夾住軌道之裝置，再經由調速機讓此裝置作動。

(4)極限開關(Limit Switch)

到接近最上樓及最下樓時，自動將電梯停止，防止其超過行程。

(5)終端極限開關(Final Limit Switch)

極限開關因為某些原因不作動時，為確保安全則強制切斷全部電器回路，而使電梯停止運行。

(6)緩衝器(Buffer)

某些因車廂超過終端樓時，給予緩衝的裝置。通常額定速度 60m/min 以下時，使用彈簧緩衝器，對於超過 60m/min 者，就使用油壓緩衝器。

(7)門的連鎖開關(Interlock Switch)

每一搭乘樓層門的車廂內門，皆設有連鎖開關及門鎖扣，也就是說當任何一搭乘樓層門未緊閉，車廂就不能運行。另，附帶緊急開鎖裝置的連鎖開關是用特殊的鑰匙來開鎖，又用手開車廂門時(圖 3.2-1)，如手構著這個連鎖開關的時候，可以用手開鎖，打開搭乘樓層門。

(8)通話設備或緊急電鈴

連絡車廂內和大樓管理室之電梯專用通話設備(對講機)或者緊急電鈴是謂之。

(9)停電燈

為緩和乘客心情，停電時車廂內有立即切換至緊急照明燈，需在車廂內地板平面保持 1 燭光(LUX)以上光亮度，且須持續達 30 分鐘以上。【26】

表 3.2-1 電梯機械裝置功能說明表

裝置名稱	功能	裝設位置
電磁制動機 (Magnet Brake)	停車或停電時，利用彈簧張力及煞車來令片(Lining)將捲揚機驅動軸制住，以防車廂及配重滑落。	捲揚機
調速機 (Governor)	車廂或配重，下降速度異常時，以機械原理檢出，切斷動力使電梯停車，或帶動安全裝置，煞住車廂。	機械室
安全裝置 (Safety Device)	當調速機動作時，帶動安全裝置，將車廂煞住在導軌上。	車廂
緩衝器 (Buffer)	當異常情況發生，致使車廂或配重，超過極限開關，往機坑(Pit)下降時，緩衝器可使車廂之衝擊緩和再停車。	機坑
門連鎖裝置 (Door Interlock Device)	此裝置使各樓之出入口門(Hatch Door)除非電梯停於該樓，否則必須使用鑰匙，才能由外部開啟。	出入口門
車廂天井救助口 (Man Hole)	停電或電梯故障時，乘客被關在車廂內待援，可利用設在天井的救助口適度安撫救援。	車廂天井
手動操作把手 (Turning Handle)	停電或電梯故障時，車廂停在升降通道中，利用工具將電磁制動機放鬆，再以手動操作把手去轉動捲揚機，使車廂停在正確著床位置，讓乘客安全地走出車廂。	捲揚機

表 3.2-2 電梯系統裝置功能說明表

裝置名稱	功能	裝設位置
電源異常保護裝置	捲揚電動機動力電源欠相或逆相時，及時將電源遮斷，使運轉停止。	控制盤
電氣安全連鎖 (Electric Safety Chain)	若全部之其中一個作動即停止升降機之方式加以連結的電氣安全裝置。	控制盤
門連鎖開關 (Door Interlock Switch)	各樓之出入口門，如未閉合，或上鎖不確實時，電氣接點即無法接通，使電梯不能運轉。	出入口門
車廂門開關 (Gate Switch)	車廂門未完全閉合時，電氣接點即無法接通，電梯不能運轉。	車廂門
緊急停止開關 (Emergency Switch)	緊急情況下，按下開關，使電梯停止運轉。	車廂內 操作盤
車廂門安全裝置 (Safety Shoe)	門閉合中如碰到人身或物體，會即時停止並反轉重開。	車廂門
終端強制減速開關 (Slow Down Switch)	電梯行至終端階時，強制減速。	升降通道
終端極限開關 (Limit Switch)	電梯在升降通道終端，超行一段距離時會觸動此裝置，將動力電源遮斷，停止運轉。	升降通道
最終端極限開關 (Final Limit Switch)	若電梯超過「終端強制減速開關」及「終端極限開關」仍因異常原因，而無法使電梯停止，行至最後會再觸動此裝置而使電梯立刻停止運轉。	升降通道
安全開關 (Safety Operated Switch)	試車、保養作業時，在車廂上將動力電源切斷，使電梯停止。	車廂上
救助口開關 (Man Hole Switch)	當車廂天井救出口被打開時，此開關會動作，而使電梯立即停止運轉或無法啟動。	車廂天井
對講機 (Interphone)	車廂內乘客和外部管理人員聯絡之主要通信工具。	車廂內 機械室 管理室
秤裝置 (Weighting Device)	電梯搭載重量超過額定載重時，觸動秤裝置。會發出警告信號，並使電梯門無法關閉，電梯無法啟動。	車廂底部
停電照明 (Emergency Light)	停電時，在車廂內維持 30 分鐘以上之照明。	車廂天井
驅動控制系統 (Drive Control System)	控制及監測升降機器運轉之系統。	機械室

3.3 各型電梯裝置分類

在齒輪式或無齒輪式捲揚系統(分別用於中行程與高行程)，電梯車廂是由升降道內數條鋼索、兩個槽輪和配重塊懸吊著。車廂與配重塊的重量提供槽輪與鋼索間足夠的摩擦力，使槽輪能抓住鋼索並移動與停住車廂，使之不致滑動。車廂與配重塊沿著垂直軌道行駛，使它們不致於搖晃。

驅動電梯的機械裝置通常位於升降通道正上方之機房。為供應車廂電力與接收電子訊號，在機房與車廂間連接多芯式電纜，末端接著車廂並跟著移動，此電纜稱為移動電纜(Travelling Cable)。

齒輪式主機有一個高速馬達，驅動槽輪透過齒輪箱內之齒輪連接至馬達傳動軸，經由齒輪減少馬達軸承轉速以減低驅動輪速度。無齒輪主機有一低速馬達，馬達軸承直接連接至驅動槽輪。

3.3.1 依用途別分類

- (1) 載人用電梯 (Passenger Elevator)：專用於載人的電梯。
- (2) 載貨用電梯 (Freight Elevator)：專用於載運貨物，不得載人。如因需要，得搭乘一人充當操作員。
- (3) 人貨兩用電梯 (Passenger and Freight Elevator)：載人、載貨兩用之電梯。並可依需要設計為以載人為主或以載貨為主。
- (4) 醫院床用電梯 (Bed or Hospital Elevator)：醫院中用以載送病床之電梯。其特點為車廂縱深較大，以便容納病床台車。平常亦可當載人電梯使用。
- (5) 汽車專用電梯 (Car Elevator)：停車場之汽車專用電梯。
- (6) 小型載貨電梯 (Dumb Waiter) 又稱為送菜梯：一般用於工廠載送手推車或圖書館、銀行、大飯店運送文件、資料、餐點等。因無法乘人，故都由外部來操作。

3.3.2 依速度分類

- (1) 低速電梯：額定速度 45m/min 以下之電梯。
- (2) 中速電梯：額定速度 60m/min~105m/min 以下之電梯。
- (3) 高速電梯：額定速度 120m/min 以上之電梯。

3.3.3 依捲揚機之型式別分類

- (1) 有機房式電梯 (Machine room Elevators)：電梯機房通常設置於升降通道(Well)正上方(屋突)或升降通道側邊，機房原則上需大於升降通道截面積之二倍，但無礙於保養時不在此限。
- (2) 無機房式電梯 (Machine room-less Elevators)：無機房式電梯相較於有機房式電梯通常其捲揚主機及控制設備都較小型化，且將捲揚主機及控制設備等均改設置在升降通道內或乘場控制面板上，故無需另行建置電梯機房。

其優點為：

- A. 免建置升降通道上方獨立之電梯機房，可節省土建施工日程及節省建置成本。

無機房乘客用電梯係將捲揚機設於升降通道內，搭配採用薄型控制盤，亦設於升降通道內。使原來設於機房的設備與機器，全部移到升降通道內，原機房之空間就而全部節省下來(如圖 3.3-1)。對於中國式建築或斜屋頂之建築設置電梯，可解決升降通道無法到頂樓之困境。也因為所有機器設備皆設於升降通道內，對於升降通道內之溫度及空氣品質，應加以管控，不可產生高溫或太多灰塵，而影響電梯升降品質。

- B. 因主機小型化，通常選用高效率之永磁同步馬達作為捲揚主機，具有節能、環保、高效率等特色。

無機房乘客用電梯有廠商採用永磁式(Permanent Magnet)馬達研製之無齒輪捲揚機如圖 3.3-2，並配置雙重煞車器。此馬達設計，據廠商測試可大幅降低扭力振動而達成電梯運行之平穩，對於控制盤亦採薄型(厚度約為98mm)，安置於升降通道上方之側壁上，使建築物屋頂不再因需要電梯機房而有突出物，建築師不需規畫設計電梯機械室(Machine Room)，使建築物可採斜屋頂式，或設計屋頂花園，創造更多活動空間。在結構部分亦不需考慮電梯相關之反力，因為無機房電梯之垂直反力均由自身導軌所支撐。惟無機房式電梯因電梯捲揚主機較靠近使用者之辦公室或居室，噪音或震動問題較傳統有機房式電梯而言需採較先進技術克服，所以通常較不適用於高速及大載荷之電梯使用。

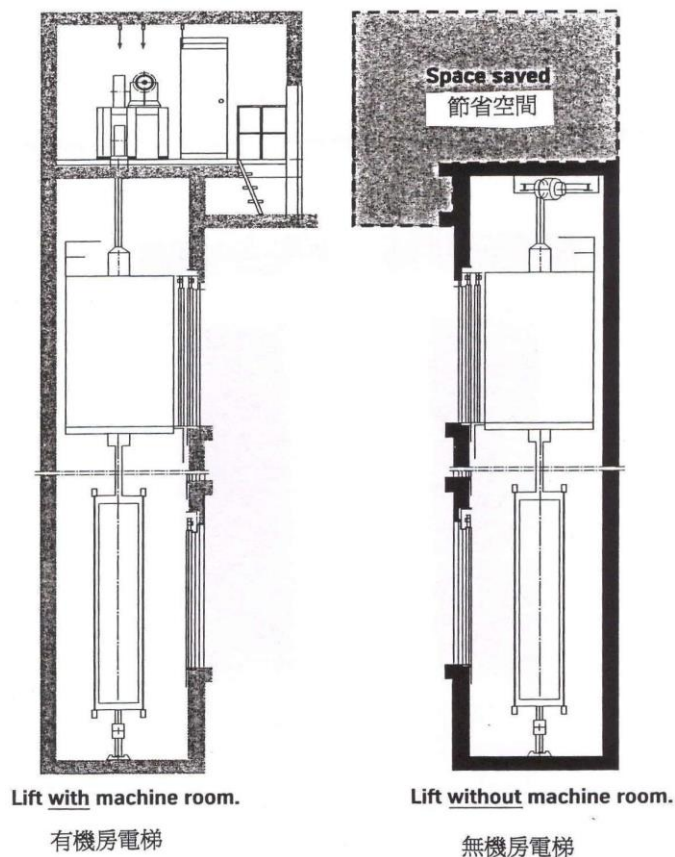


圖 3.3-1 無機房電梯節省空間示意圖【27】

3.3.4 依驅動方式分類

(1)鋼索式 (Rope) 電梯或稱牽引式電梯：鋼索掛在捲揚機之驅動槽輪上 (Sheave)，一端吊掛電梯車廂，另一端則吊掛配重 (Counter weight)；當捲揚機捲上、捲下動作時，車廂便隨之上升、下降。鋼索式電梯是利用鋼索與驅動槽輪之間的摩擦力來傳達馬達的驅動力，使電梯升降。普通電梯即傳統牽引式電梯，利用牽引電動機組(簡稱機器)帶動鋼索，使電梯上下及令配重作反方向移動。電動機組與其他控制組件，一般裝在一個獨立的機房。由於電動機組在上方時施力最直接，效率高，因此普遍電梯均把機房設在頂部。無機房電梯屬新式的牽引式電梯，把機房內的機器縮小，搬到機槽頂部，以省去機房空間，其餘和普通電梯無異，現時用於中低層運輸。牽引電梯機器主要分成兩款，有齒輪牽引機、無齒輪牽引機。

(2)油壓式電梯 (Hydraulic Elevator)：控制油壓幫浦打油注入油壓缸 (Cylinder)，油壓即將柱塞 (Plunger) 往上推，電梯車廂則直接固定在柱塞的上部，隨著油壓的增減而升降。電動機透過油作為介質，推動車廂上升，而車廂下降時則採用車廂本身的重量把油壓回油箱。油壓電梯機房在下較佳，但設在其它地方影響亦不大。由於速度慢、運輸距離短，漸漸被無機房電梯所取代。

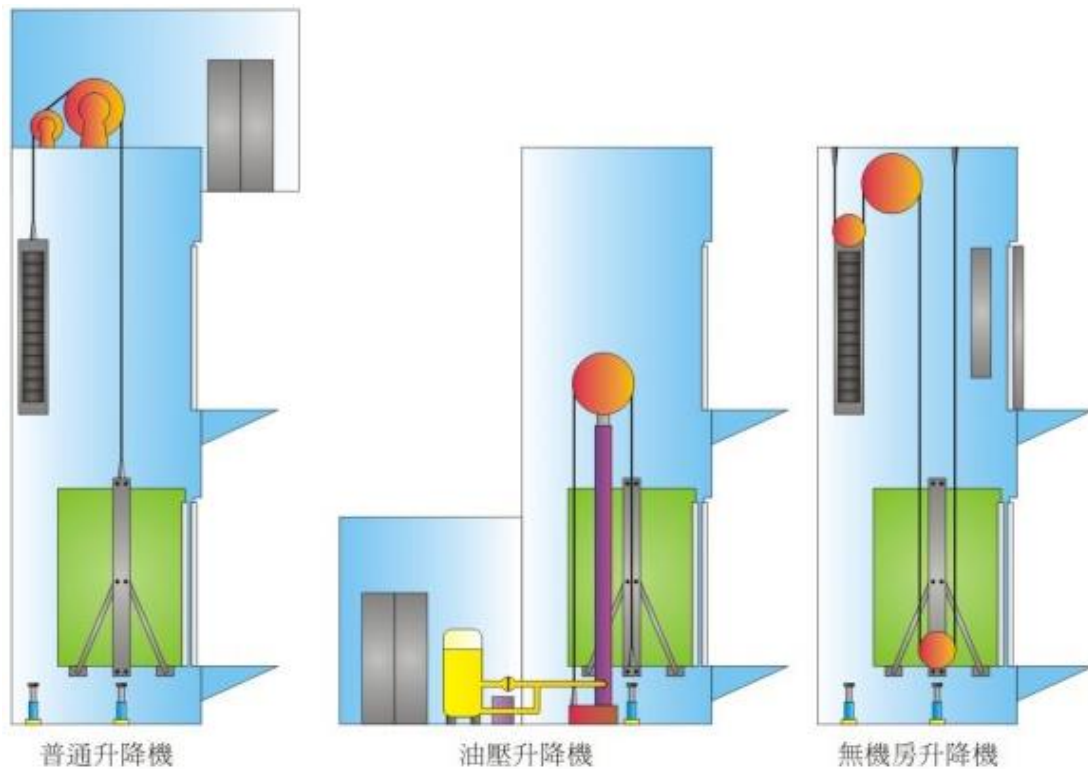


圖 3.3-2 電梯分類示意圖

3.3.5 依機械室位置分類

(1) 升降通道頂部式 (Overhead Installation Type)

(2) 升降通道底部式 (Basement Installation Type)

一般而言，鋼索式電梯採用頂部式（特殊情形才採用底部式），而油壓式電梯則採用底部式。

上述係就電梯之一般性分類，若就特殊目的而設置之電梯，則尚有以下之種類：如展望式電梯 (Observation Elevator)；或適合殘障者使用之輪椅電梯；或配合大樓消防目的及自備發電之緊急用電梯；以及適合山坡地或特殊形狀建築使用之斜行電梯等。

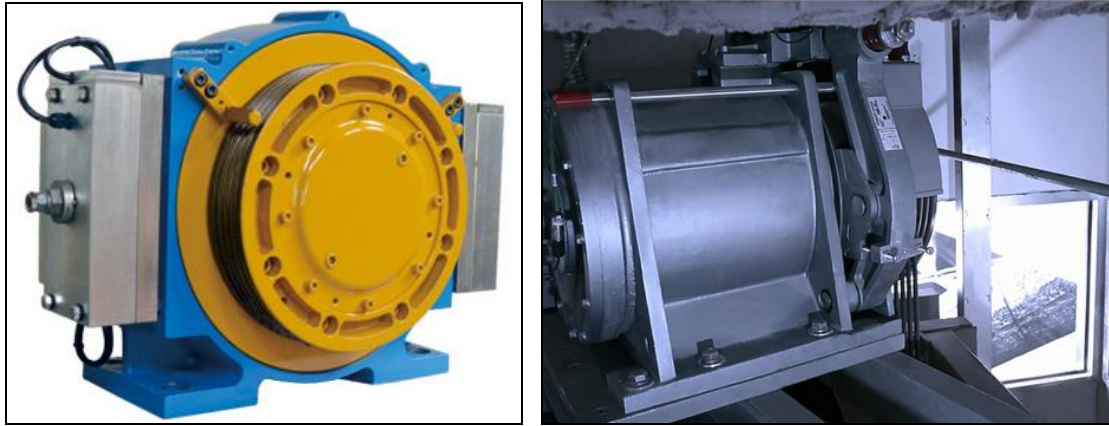


圖 3.3-3 永磁馬達之無齒輪捲揚機【28】【29】

3.4 智慧節能電梯

近年來電梯大多採用永磁同步馬達驅動，因其具有效率高、散熱容易、輸出轉矩大等優點，搭配變頻控制技術，使電梯達到高效率以及高性能。表 3.4 是某廠牌針對其智慧節能電梯的特色說明；當今智慧節能電梯主要著重下列幾點功能的持續改善：

- (1)研發更省能源、更省電力的捲揚機與驅動系統，並使安全性更提升；
- (2)強化人和機械介面的資料網路系統；
- (3)車廂門機構採用變頻變壓控制使得更加安靜平順；
- (4)設計流線形的車廂操作盤及大方、柔和且自然操作的人機介面；
- (5)應用人工智慧和模糊(FUZZY)理論管理電梯群體，對呼叫車廂的分配，提供最適當且高效率的服務；
- (6)輔以秤重裝置(Load Weighting Devices)增進乘坐舒適感。

表 3.4 現行智慧節能電梯特色說明

名稱	特 色 說 明
捲揚機	A 採用螺旋齒輪捲揚機，齒輪傳達效率優於傳統蝸桿齒輪捲揚機，節省15% 以上電力。 B 變頻變壓控制之馬達驅動系統，同步及連續性的調節電壓及頻率，提供理想的速度控制給驅動馬達，確保了運轉的平滑與柔順，帶給乘客舒適的搭乘感覺。
控制方式	A 主要之控制系統為可變電壓可變頻率控制系統，採用16位元中央處理器(CPU)，記憶器(Memory)及必要之輸出/輸入界面。 B 採用資訊網路系統將分散至各乘場、車廂及控制盤之微電腦串聯傳送控制，使電纜數減少，機器的介面單純化，提高信賴性及效率。
群管理方式	採用人工智能及模糊(Fuzzy)理論之群管理方式，此種群管理操作方式的電梯隨時將乘場叫車訊號及車廂訊號如車廂位置、運轉方向、載客人數等輸入微電腦來計算任何一個呼叫樓層之等待時間以及預測可能因車廂滿載時過站不停的機率，來指派最適當的車廂前往應答服務，提高服務之效率。
秤裝置	電梯起動由裝於車廂上樑之秤裝置(差動式檢出裝置)偵測車廂內重量之變化，適時提供最適當之馬達出力起動方式，以降低起動電流及提升起動舒適感，並節省電力且沒有因長時間使用後橡皮老化而產生的不靈敏動作之問題。
操作信號器具	流線形面板，給使用者親切柔和的感覺，矩陣式LED樓層及方向指示，清晰易讀，識認性佳及省電。
車廂門機構	變壓變頻控制，使車廂門的關閉更平滑、安靜。
控制盤	為前側開門，減少保養空間，增加機械室盤面的靈活配置。

第四章 電梯驅動技術的演進

早期的電梯系統其驅動方式多樣化，包括柴油、蒸氣機水力或人力等。現代的電梯系統已全數使用電力驅動。電梯(牽引升降機)電動機通常設置在升降通道的上方，利用電動機牽引透過鋼索連接的配重塊和車廂。至於油壓電梯的機房就多設在最低層。在不同年代所安裝的電梯，會用上不同電動機驅動技術以控制其速度。

電梯捲揚機由馬達驅動運轉，本章主要介紹電梯馬達的驅動方式演進，這其實也是一場電梯節能技術的演進，是節能的大進化(參考圖 4.1-1 及表 4.1)。

4.1 電動機的驅動系統

電動機為達到變速的能力，其驅動系統需提供可變的電壓大小及頻率，因此由公共電源(市電)所提供的定頻(60Hz)、定電壓(220V)的電源並不適合直接驅動電動機。

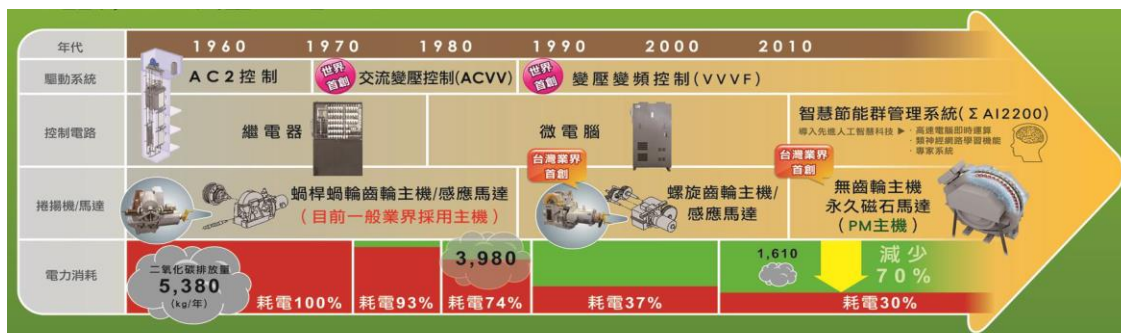


圖 4.1-1 電梯節能技術發展的演進【30】

表 4.1 電梯節能技術演進時程【31】

Model	Decade	1970	1980	1990	2000	2010	
High-speed elevator	Motor control method	Ward-Leonard	Thyristor Leonard	VVVF (inverter)			
	Control circuit	Relay circuit		Microprocessor			
	Hoisting device (motor)	General	Gearless (DC motor)		Helical gear type (induction motor)	Slim-type centrally wound construction	
		Ultra-high-speed	Gearless (DC motor)		Gearless (induction motor)	Gearless (permanent magnet-type synchronous motor)	
	Energy consumption	100%		95% 72%	62%	57%	54%
Low-speed elevator	Motor control method	AC 2-step speed control	Primary voltage control	VVVF (inverter)			
	Control circuit	Relay circuit		Microprocessor			
	Hoisting device (motor)	Worm gear type (induction motor)			Helical gear type (induction motor)	Gearless (permanent magnet-type synchronous motor)	Gearless (permanent magnet-type synchronous motor) Slim-type centrally wound construction
	Machine room	Machine room exists				Machine room does not exist	
	Energy consumption	100%	93%	74%	37%	32%	30%

為了獲得適當的驅動電壓，電動機驅動電源包含一個整流器將交流轉變成直流，然而，為了降低電動機線圈的電流，通常需要再將整流後的電壓升壓，最後經過變頻器，產生電動機需要的交流電壓(如圖 4.1-3 所示)。

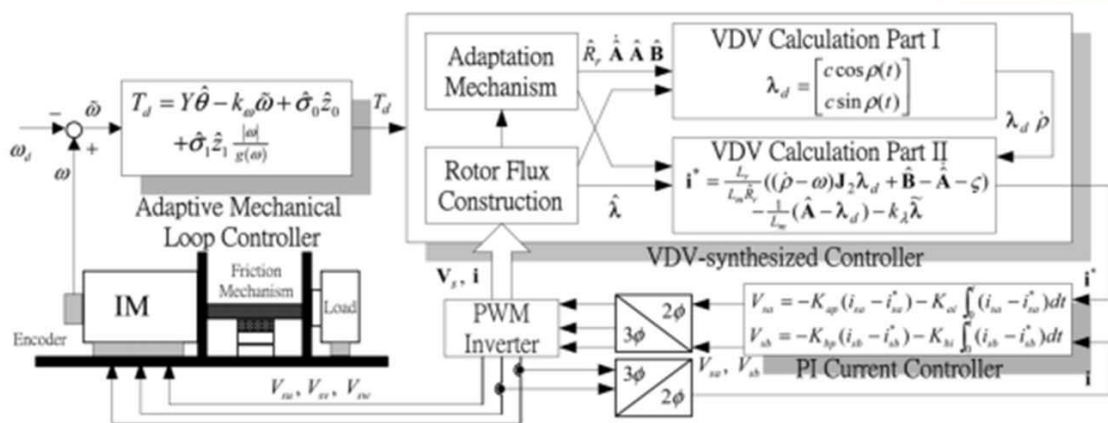


圖 4.1-2 感應馬達(IM)模型與控制示意圖【32】

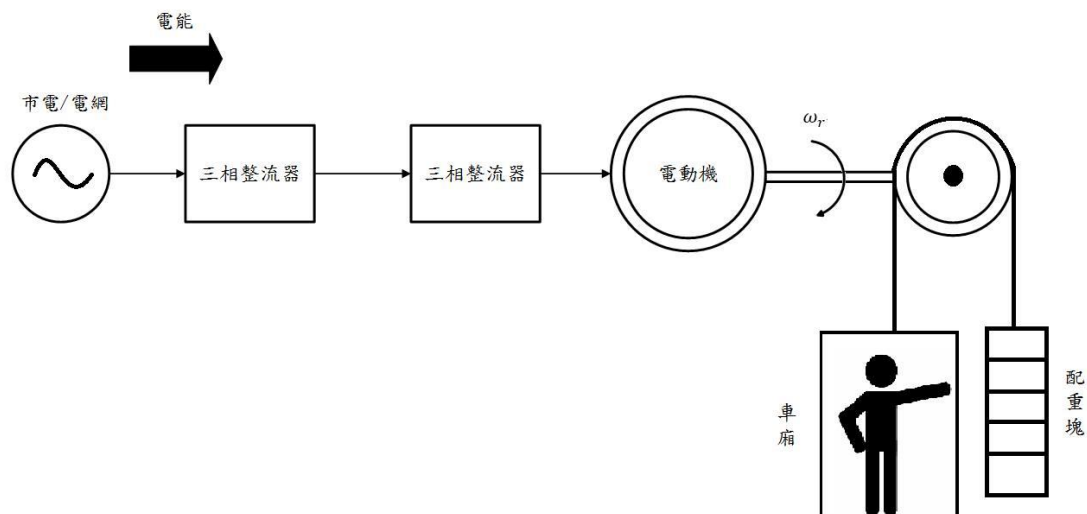


圖 4.1-3 電動機驅動架構示意圖

4.2 直流(DC)電動機驅動技術

無論是直流電動機或交流電動機，早在安全電梯未發明前就已經出現。雖然交流電動機比直流電動機的製作和運作成本低，可是早期受技術所限，不能靈活調速，不少電梯因而採用容易調速的直流電動機，以提供高舒適感。其主要特點為只需改變輸入直流電動機的電壓，就能順滑地調速。由於技術簡單，因而被普遍用於早期電梯上。後期，即使雙速或多速交流電動機系統面世，因直流電動機之電梯調速時較順滑，仍被普遍採用於高級場所、行車距離較長或高速電梯系統。直至調壓調頻(VVVF)技術出現，令交流電動機亦能順滑調速，而且比直流電動機具有更多優點，因而漸漸把直流電動機淘汰。

電梯一般均是採用三相交流供電系統，電源端的交流電，倘要驅動直流電動機，先要把交流電轉化為直流電。較早期，在電力電子技術尚未成熟前的系統，多使用「三相電動機-發電機組」方式，先用三相交流電動機把交流電的電能轉為動能，再直接驅動直流電發電機把動能轉為直流電。採用這種「電動

機-發電機組」不僅成本高，而且經歷電能轉為機械能再轉回電能，其能量散失高，故轉換效率低。後來隨著矽控技術漸趨成熟，後期的系統都改用矽控整流器(如圖 4.2-2)，並整合在電梯控制櫃內，無需設置「電動機-發電機組」，而且供電效率提升不少(如圖 4.2-3 所示)。

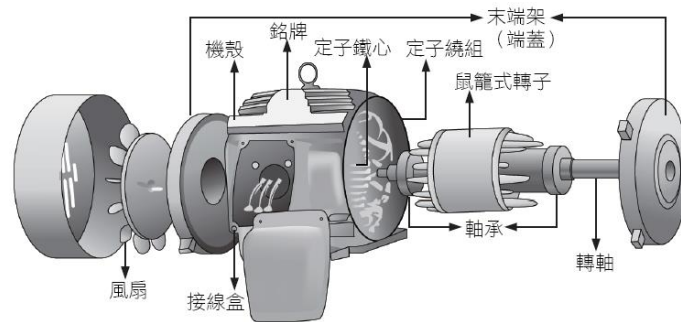


圖 4.2-1 三相感應電動機的構造示意圖

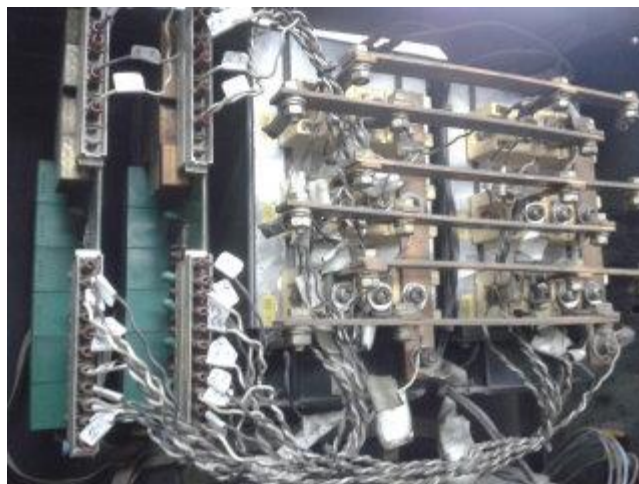


圖 4.2-2 傳統電梯用矽控整流器(SCR)

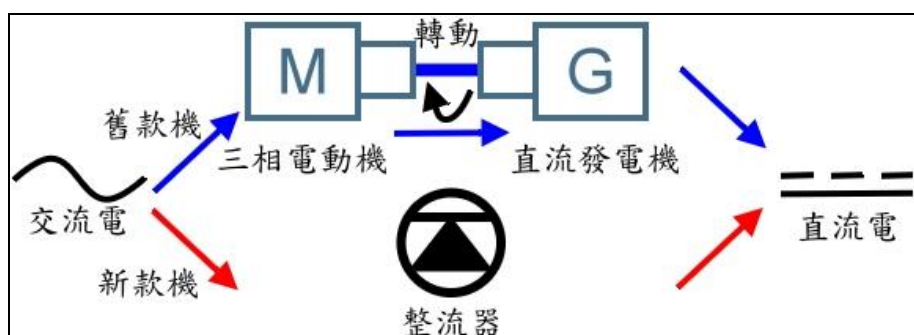


圖 4.2-3 傳統直流電梯電動機驅動架構示意圖

但即使改用整流器，其效率亦不及現今市面上大多直接採用三相供電的交流電動機。況且直流電動機還受困於轉子電流換向問題，亦即其轉子線圈的電流方向，於轉子(電動機轉動部份)轉動時需要適時切換，故定子(電動機固定部份)上的電源需利用電刷(碳刷)，接觸轉子上的換向器(整流子)。

直流電動機的主要缺點亦由此而起：碳刷在轉子轉動時不斷產生摩擦，含有一定損耗及形成碳垢，需要經常更換碳刷及清理，且可能因保養不善而造成燒毀。由於調頻交流電動機的調速效果已做到直流電動機的水準，加上效率高，成本低廉，故各大電梯生產商已停產直流電動機電梯，以調壓調頻(VVVF)交流電動機電梯取代。

因調壓調頻(VVVF)交流電動機於近 20 年才被普遍採用，因此在九十年代前的高行程電梯和客用電梯，仍有不少直流電動機電梯運作。

4.3 交流(AC)電動機驅動技術

交流電動機由早期單一速度運行，發展至提供更多速度，包括不同段數的速度、或後期的無段調速，以迎合電梯的需要。雖

然交流電動機的速度可以調校，可是早期受技術限制，可選的速度是固定的。早期驅動之方式係由不同繼電器所控制，直接由電路接引到交流電動機的，故稱為直接驅動(Direct On Line,DOL)。單一速度的稱為單速機(AC/1)；兩種速度的，稱為雙速機(AC/2)，依此類推。而雙速機在該年代最為普遍。後期則有調壓調頻調速(VVVF)之無段調速技術，此前的過渡期則有調壓調速(ACVV)技術，雖改善舒適感，唯其反應速度與停止於到達樓層精準度(Leveling Accuracy)均表現一般而已。

直接把三相交流電力輸入至交流電動機，為最直接驅動電動機全速運行的方法。但除單速機外，在停止於到達樓層時需減慢速度以增加舒適感和準確度。而早期要在合理成本下改變交流電的頻率，只可在電動機的結構上著手，利用不同的接線方式，接到電動機的不同端子，改變其極數，極數越多則速度可越慢。但不論其接線方法如何，總無法做到如直流電動機的順滑調速效果。為了增加順滑感，有些電梯會在電動機上裝上大型飛輪以提高轉動慣量，延長加減速的時間，但運作成本和耗損會增加。且由於電梯停止時需要一定準確度，速度選擇越少，在維持停止於到達樓層準確度下，載重量和速度便不能提高。

由於啟動和停層主要由「制動器」和「主繼電器」控制，當下載重量、「制動器」和「主繼電器」的損耗程度、以至於天氣(如溫度、濕度)，均會影響停止於到達樓層精準度，甚至有數厘米的距離。部分廠商後期有些電梯因而設置自動或手動的修正系統(平層系統)。

80 年代中開始調壓調速(ACVV)，部份交流電動機之電梯在供電予電動機的電路，利用電路板和變壓器等原件，使電梯的加減速變得平順，而且制動器只在電梯停定後才放下(就如直流控制般)，故已經不再是平層系統一部份。與後期的調壓調頻調速

(VVVF)最大分別，是調壓調速只能做到按預設的加減速率調速，停止於到達樓層精準度仍要靠選層器控制何時開始減速。故不少調壓調速控制的電梯速度和加減速度，有短行程(一層)和長行程(兩層或以上)的分別。

交流電動機(AC)優於直流電動機之處為：無需經過電流轉換過程，減少能量散失，行車過程寧靜且部件減少、沒有碳刷，壞機頻率和保養複雜程度低。但因調壓調速(ACVV)為過渡期產品，一般見於 90 年代商場和大樓等地。

4.4 調壓調頻交流電動機 (VVVF)驅動技術

以往只有直流電動機電梯能夠提供順滑的調速效果。於 1985 年，配合半導體技術所製成的調壓調頻交流電動機電梯誕生，並於 90 年代開始漸趨廣泛，高速電梯以至現時絕大多數電梯，都不必只能用直流電動機了。其特點在於交流電動機在製作及運作成本均比直流電動機優勝，配合半導體科技的進步，解決了調速困難的問題，電梯的價格大大降低。且交流電動機在舒適省電的前題下，配合現時不同設計，除全面取代油壓和直流電動機外，更可發展至無機房(搭配永磁馬達)、電力回生裝置系統等特別機組。



圖 4.4-1 電梯系統整體增設電力回生裝置【33】

其調控速度方式與傳統交流電動機的極數控制大相逕庭，改善了傳統交流電動機不能提供順滑的調速效果之缺點。電力電子技術的發展使電壓及電頻率控制變得容易，效率高，能量損耗少，更能配合負載及電動機轉速調節供電，例如在起動時逐漸增加低頻率的電，以減低起動電流；而在均速時，也只需少量電流以維持轉動。

在電梯界，調壓調頻調速的控制，必需在控制櫃內裝設驅動器(Drive)，而驅動器的主要元件為「絕緣柵雙極電晶體(Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)」¹。此技術也廣泛應用在需要調速的設施，如冷氣、鐵路等。利用調壓調頻調速控制，系統運作變得以電腦為主，控制部份的機械操作減少，可靠度提升，廠商可以透過更新軟件來改善電梯運行情況。

然而，驅動器始終都是電子元件，在使用數年至十多年左右，便有機會故障。由於各廠商的系統均不盡相同，因此若出現故障，便需更換驅動器，非原廠保養較難做到。有電力回生裝置之電梯為現時主流，絕大多數新安裝電梯都會使用。能源用戶在有舊機更新的需求時，若有足夠資金，亦都會更換為調壓調頻控制，而捲揚機則可選擇更換成無齒輪、或沿用舊有有齒輪捲揚機。

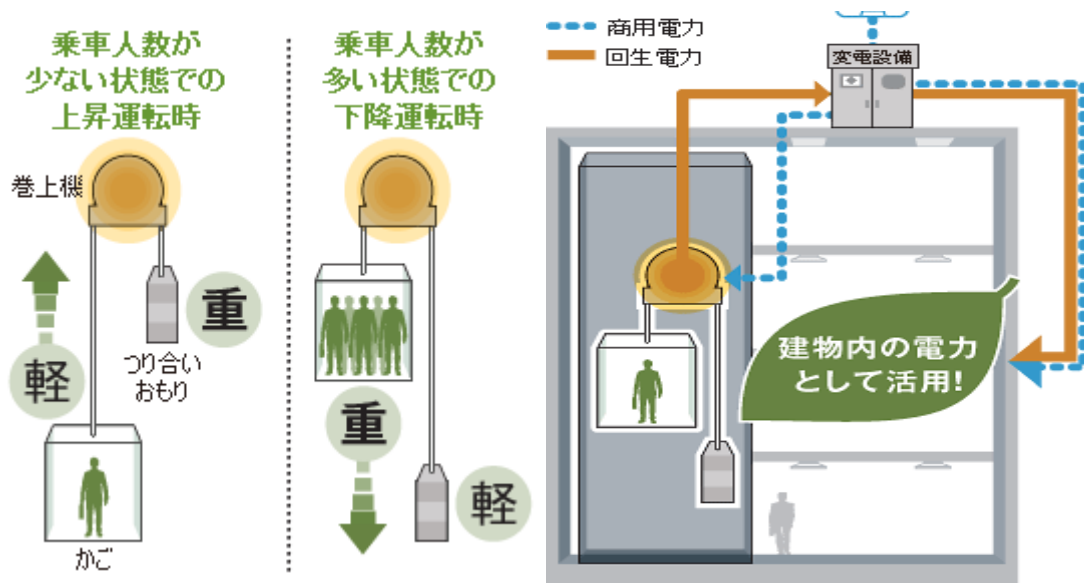


圖 4.4-2 採用電力回生裝置將動能轉換為電能送回供電網絡【34】

4.5 無齒輪式捲揚技術

傳統捲揚式升降機，在上世紀 90 年代以前，通常採用感應式電動馬達，加上蝸桿齒輪減速機構作為驅動，其捲揚機通常設在升降通道頂部上獨立隔間的機房，一方面因其馬達與捲揚機構體積及重量龐大，須利用建築的樓板結構來支承，另一方面有獨立的空間，對於維修保養，困人時進行解救操作，機器散熱等均較為方便。

蝸桿齒輪減速機消耗能源較大，90 年代前後各大升降機製造商競相研發較為節能的無齒輪式捲揚方式，以馬達直接驅動，故體積也較小，因而逐漸促進了無機房電梯的實現。

一般無機房電梯最高樓層站門側，是電梯的控制板，人手控制、緊急操作等功能一應俱全。結構和一般調頻交流電動機電梯相同，但電動機較細小，甚至呈碟型或筒型，結構緊湊，使原本在機房的系統能夠緊縮入電梯槽中，省去建設機房的成本支出。

電梯廠商正研究更長程、更快捷的無機房電梯，以取代有機房的電梯。現在不少新商場與較低層建築，已普遍安裝無機房電

梯。但由於技術更複雜，較少交由非原廠保養。

現無機房電梯技術已足夠一般低層運輸需要，價格亦漸漸降低，因此，部份傳統電梯更新工程，也與無機房電梯使用相同機件，換句話，就是與初時發展相反，將無機房的零件裝進機房，以增加其空間使用量。【35】

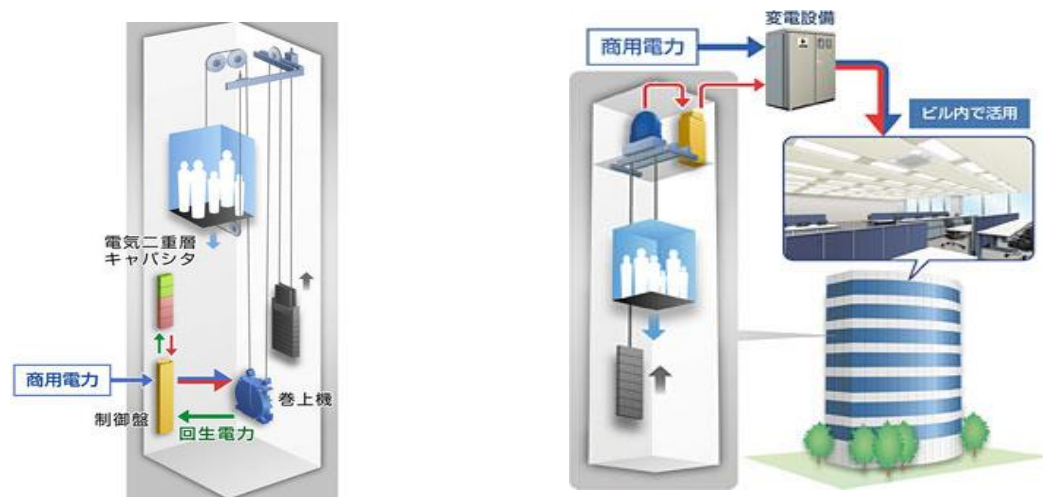


圖 4.5 無機房電梯採用電力回生裝置將電能送回供電【36】

第五章 電梯電力回生技術

電梯電力回生概念與電動車輛的再生煞車是相似的。所謂再生煞車乃是電動車煞車時將原本作為推進功能的馬達轉而作為發電機使用，除了達到煞車目的外，並將正在行進中電動車的動能轉換成電能回饋至供電系統，或充電至車載電池儲存起來。再生煞車可以達到能量有效利用，目前眾所皆知的電動車、油電混合車都是有效實踐再生煞車的例子。其實比較為人不知的是再生煞車技術業已普遍應用在軌道車輛上，如台灣高鐵 700T、臺鐵電聯車，以及臺北捷運、高雄捷運與機場捷運電聯車等，皆有使用再生煞車技術回收電能。

5.1 電梯電力回生原理說明

簡單的說，車輛的再生煞車技術乃是將行駛中車子的動能轉換為電能回收；而電梯的電力回生技術原理亦相似，但是它將電梯重載往下或是電梯輕載往上移動時，所多產生出來的重力位能差轉換為電能回收。兩者的物理原理稍有不同，但同樣是利用馬達的發電機模式將機械能轉換為電能方式達到能源回收目的。

如果不使用馬達的發電機模式將重力位能差轉換成電能，則較重側將以落體形式快速加速下滑而具有大量的動能，故片面地說成電梯電力回生是將機械動能轉換成電能也是可以理解的。

前面曾提過，電梯的原理為定滑輪，一側是乘客搭乘的車廂側，另外一側是配重塊。配重塊的重量是以車廂側空車重量加上滿載重量後，除以 2 來加以設定；這樣訂的好處是可以極小化捲揚機的最大負荷。在這樣配置的情況下，如果以電梯往上或往下為橫軸，馬達出力或受力為縱軸，則電梯運行的情況可劃分為四種狀況，即圖 5-1 所示的電梯運行四象限，茲說明如下：

象限一(電動機模式)

此是車廂重載並由低樓層往高樓層移動，馬達出力拉車廂上升，會消耗電力。

象限二(發電機模式)

此是車廂重載並由高樓層往低樓層移動，馬達必須抗拒來自車廂的重力牽引，以發電機模式將載重的重力位能差轉為電能輸出。

象限三(電動機模式)

此是車廂輕載並由高樓層往低樓層移動，馬達出力拉配重塊上升，以使車廂往下。

象限四(發電機模式)

此是車廂輕載並由低樓層往高樓層移動，馬達必須抗拒來自配重塊的重力牽引，以發電機模式將配重塊與輕載車廂的重力位能差轉為電能輸出。

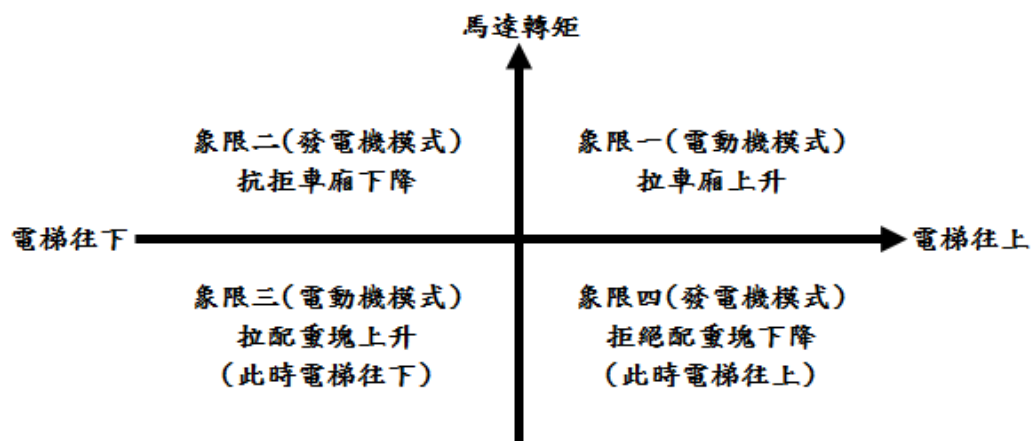


圖 5.1 電梯運行四象限示意圖

因此電梯控制系統中，馬達驅動的運轉過程，分為例行運轉與回生運轉。在例行運轉時，馬達為電動機模式對系統出力做功；在回生運轉時，馬達為發電機(generator)模式，此時馬達轉子受力矩作用而轉動，形成感應電動勢產生電流。具有電力回生功能的電梯系統將此電流併入變頻器的直流迴路。無安裝電力回生裝置的電梯控制系統則直接導引此感應產生之電流至低阻抗的大電阻，此電能就轉成熱能消耗掉，造成能源的耗損浪費。

5.2 電力回生裝置

無電力回生裝置的交流變頻器驅動馬達，工作在發電機模式時，還會在啟動瞬間，直流迴路電壓會因瞬間能量突波衝擊過大而超過所設定的直流電壓準位，致使直流迴路電容燒燬。因此傳統上以並聯方式安裝高瓦數低阻抗的回生電阻，直接釋放回生電能。此法可解決能量突波的問題，但效率差且將增加額外硬體費用與空間。

主動式電源回生系統能有效處理直流鏈電壓遭受瞬間回生能量突波衝擊，將回生能量經 IGBT 以切換路徑方式回饋到市電端。此法不需外加回生電阻，即可有效解決回生能量突波的問題。

由於電梯升降定位所產生的重力位能差，經由「鋼索、轉矩=>馬達=>變頻器=>回生電阻」的過程所消耗，可知整個系統負載能量變化由重力位能轉為電能後，經由回生電阻以熱能方式消耗掉。此時若未安裝電力回生裝置則無法將回生能量轉成有效再生功率。

安裝電力回生裝置後，電梯升降所產生的重力位能差經由該裝置及電抗器回到市電網絡，路徑為「鋼索、轉矩=>馬達=>變頻器=>回生裝置（電能）=>市電」。此時，回生能量被轉為有效再生功率，即如圖 5.2 所示，回生電能循能源回饋裝置併入三相電源端。

電梯電力回生裝置所達到的節電效率高、安裝簡易、不影響原始運行、體積小、還具有環保等特點，使得此一裝置在一般電梯市場占有率得以逐步擴張，帶動其市場需求量的成長。

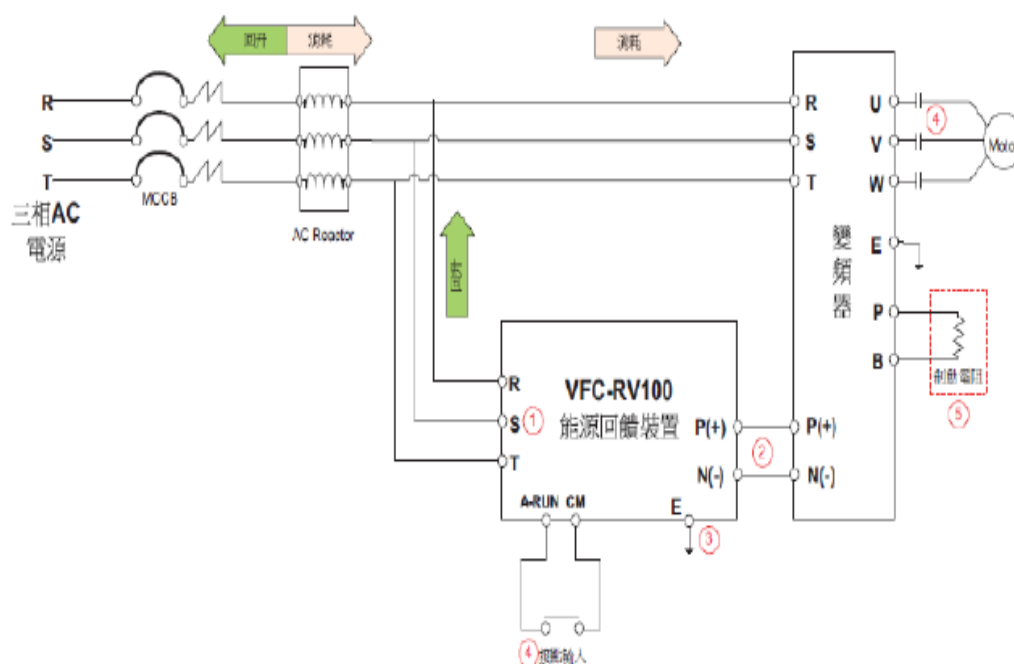


圖 5.2 電力回生裝置電路原理圖【37】

5.3 以變頻器實現電力回生

交流電動機需透過交流電源驅動，而市電雖為交流，但其電壓及頻率均為固定，故無法調控電動機的轉速及轉矩。變頻器(Inverter, 或稱作逆變器)的主要功能即為同時控制其輸出的交流電壓大小與頻率。因此目前交流電動機大都採用變頻器做為驅動方式。變頻器係將固定電壓與頻率的市電，首先經過整流後，再將此直流電源轉換為可變電壓與頻率的交流輸出，以驅動交流電動機，藉此可調控電動機的轉速或轉矩。其中，直流電源轉換為可變交流輸出，一般是藉由脈波寬度調變 (Pulse-Width Modulation, PWM)技術予以實現。此類 PWM

變頻器系藉由調變技巧比擬基本波高載波大小，進而控制變頻器功率晶體(現在一般擇用 IGBT)的激發時序，達到改變輸出電壓振幅與頻率的目的。

變頻器的電路架構示意如圖 5.3-1 所示，主要分成控制部分與電力驅動部分。控制部分一般採用 DSP 為核心的控制架構，以實現相應目的所設計的控制法則。至於電力驅動部分，一般採用二極體整流橋將交流電源轉換成直流跨於主電路電容器上，然後採用 IGBT 逆變技術，藉控制電路送出六個 IGBT 閘及控制訊號，將直流電壓切割成三相脈波寬度調變(PWM)的電壓送至電動機。因電動機線圈自身的電感特性自動起到濾波功效，形成三相弦波電流波形，使得電動機能平滑的運轉。簡言之即將直流轉換成電壓及頻率皆可調控的交流電，用以控制交流電動機。

如圖 5.3-2 所示的變頻器只能工作在電動狀態，所以稱之為二象限變頻器。由於二象限變頻器採用二極體整流橋，無法實現能量的雙向流動，所以沒有辦法將負載端的機械能量經由發電機模式產生的電能，循原來的電路反饋至電源端。則藉由適當切換 IGBT 閘極控制訊號，可讓回生電力循此外加電路回到電源端，如圖 5.3-3 所示，如以新增的 IGBT 功率模組作成整流橋與原二極體整流橋並聯(但方向相反)，或採用 IGBT 功率模組直接替代原整流橋的二極體元件，配合使用高速度、高運算能力的 DSP 產生 PWM 控制脈衝，則可以實現能量的雙向流動，可以將電動機回饋產生的能量反饋到電網，達到徹底的節能效果。

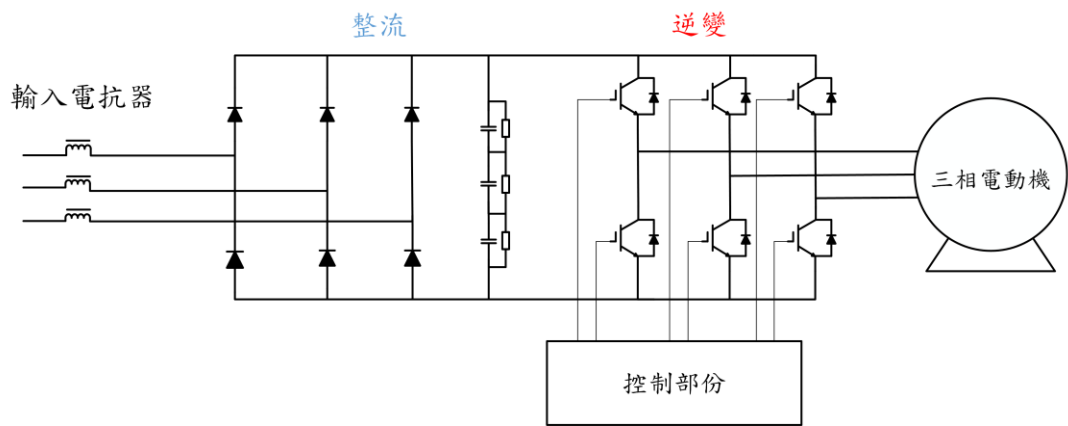


圖 5.3-1 一般變頻器的電路架構

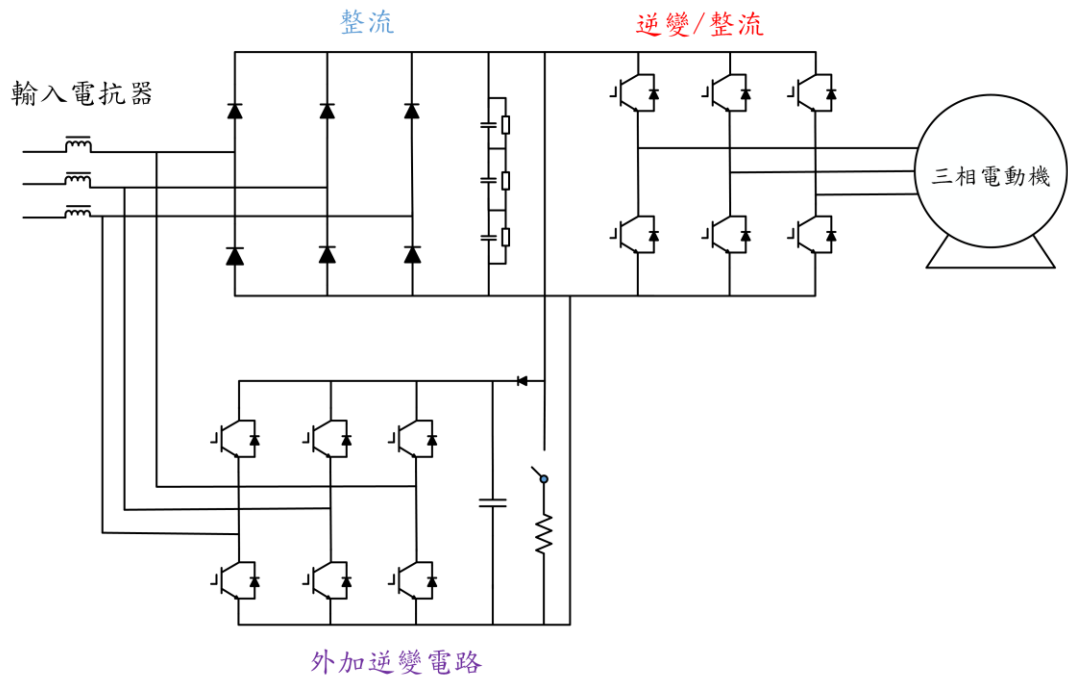


圖 5.3-2 二象限變頻器電路示意圖

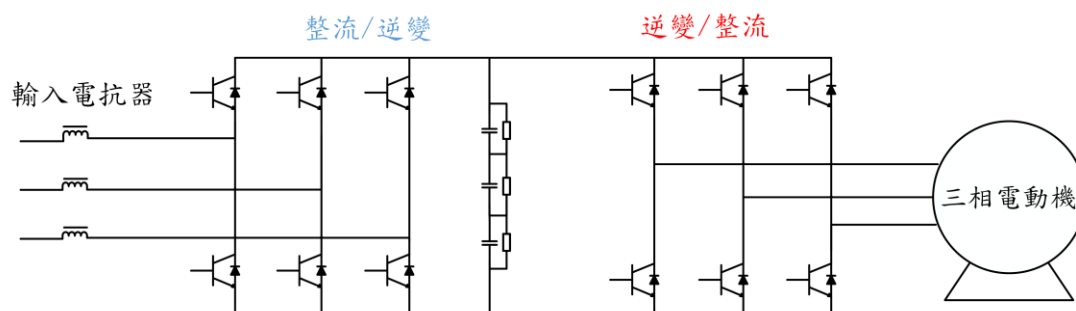


圖 5.3-3 四象限變頻器電路示意圖

5.4 節電率與回生電能比

安裝電力回生裝置其目的在節省電梯用電，節電率與回生能比是常見的節能指標，本節將解說其意義及二者之關係。考量電梯從一固定樓層到另一固定樓層往返一次期間電梯車廂載重皆維持不變，以此為基礎探討其節電效果。在實驗量測時，為求精確，通常針對每個往返循環會多做幾次，再求其平均值；同時也會量測不同樓層往返不同樓層，以及量測不同載重情況下的節電率。原則上，我們可以定義節電率如下式：

$$\text{節電率} = \frac{\text{安裝電力回生裝置後所減少的電量}}{\text{安裝電力回生裝置前的用電量}}$$

不管載重如何，也不管先上後下還是先下後上，一次往返循環，一定包含一個電動機運行模式，以及一個發電機運行模式。因此節電率定義式的分母：

安裝電力回生裝置前的耗電量 $\approx$ 電動機行程的耗電量

這是說上式左右兩者電量很接近。安裝電力回生裝置後，可能需耗費多一點點的電量提供此裝置維持正常運行，但此電量一般很小。再來，節電率定義式分子：

安裝電力回生裝置後所減少的電量≈發電機行程所產生電量

同樣，這意謂左右兩者電量很相近。綜合上述，可知節電率的近似表示如下：

$$\text{節電率} \approx \frac{\text{發電機行程產生的電量}}{\text{電動機行程的耗電量}}$$

此式的分子與分母可以分別簡稱為回升電量與耗電量，因應這二個簡要的名詞，我們乃重新定義回生電能比如下式：

$$\text{回生電能比} = \frac{\text{回生電量}}{\text{耗電量}}$$

節電率與回生電能比是二個常見到的術語，經由上述分析，可知二者是十分相近的術語，因此常被交替使用。值得注意的是，在大部分情況下，我們要不到安裝電力回生裝置前的耗電量，因此節電率觀念雖然易懂，但不容易精確獲得，故常以回生電能比近似之。

5.5 實例計算與解說

本節以實例配合計算，解說節電效果。下圖 5.5 為台達電子工業股份有限公司產品型錄所擷取之量測運行示意圖，其在載重 2 噸的客梯上，電梯速度為 60m/min，試驗運行樓層為地下 1 樓到 4 樓，該電梯採用 22kW 之感應電動機為其動力馬達，加裝電梯電力回生裝置後，比較空車廂上下共計 5 趟之回生電能比。【38】

表 5.5 現場實際量測累計電量表

使用電力回生裝置	+Whr	360.7
	-Whr	111.1
使用回生電阻	+Whr	354.2
	-Whr	0

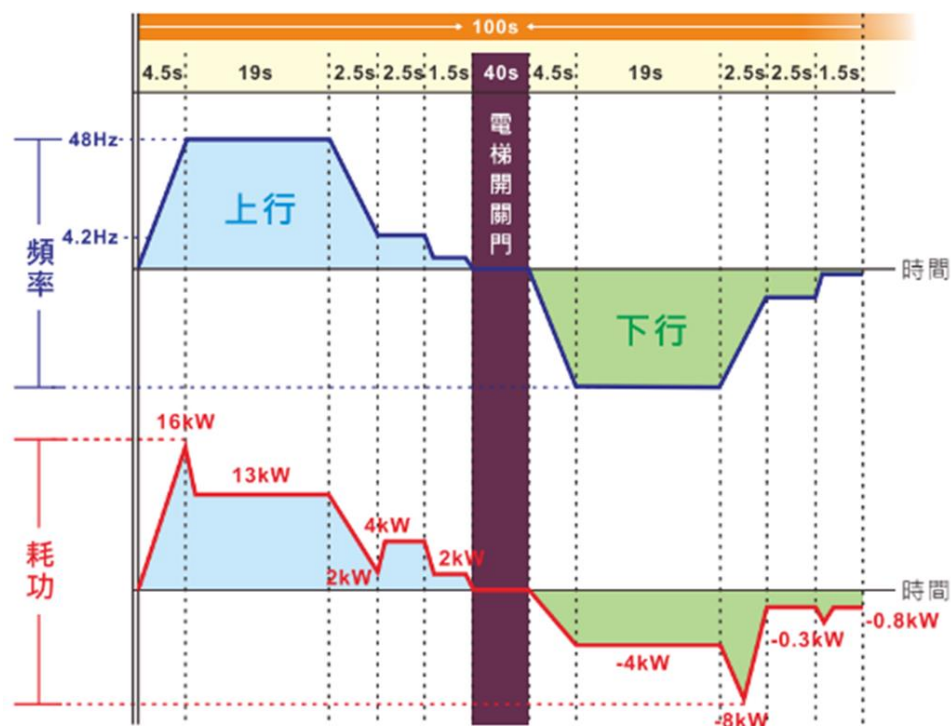


圖 5.5 現場實際量測運行示意圖

如表 5.5 所示，經量測後其 5 趟行程運行累計耗能約為 361Wh，回生電能累計約為 111Wh；因此依上節 5.1 回生電能比公式之定義得到其值為：

$$\frac{111.1}{360.7} \times 100\% = 30.8\%$$

故單趟平均推估節省了 $111 \text{ Wh} \div 5 \text{ 趟} = 23.2 \text{ Wh/趟}$ ，其每趟運行時間平均約為 100 秒。若該電梯平均 1 天工作 12 小時，一年工作天數約 265 天；以用電單價每度 3.5 元計算之，其一天最高可運行：

$$\frac{12(\text{小時/天}) \times 60(\text{分/小時}) \times 60(\text{秒/分})}{100(\text{秒})} = 432 \text{ 趟/天}$$

一年最高則可節省：

$$23.2(\text{Wh/趟}) \div 1,000 \times 432(\text{趟/天}) \times 265(\text{天/年}) \times 3.5(\text{元/度}) = 9,296 \text{ 元}$$

若我們依上節 5.1 所提及節電率公式之定義則其發電機行程產生的電量為 111.1Wh，電動機行程的耗電量則為 360.7Wh；故安裝電力回生裝置後所減少的電量： $360.7 - 111.1 = 249.6 \text{ Wh}$ ，而安裝電力回生裝置前的用電量為 354.2Wh。因此其節電率：

$$\text{節電率} = \text{省下的電量} \div \text{本來的用電量}$$

$$= (354.2 \text{ Wh} - 249.6 \text{ Wh}) \div 354.2 \text{ Wh}$$

$$= 104.6 \text{ Wh} \div 354.2 \text{ Wh}$$

$$= 29.53\%$$

果如上節所論述一般，此節電率數值大小與回生電能比十分相近。由於 $104.6 \text{ Wh} \div 5 \text{ 趟} = 20.92 \text{ Wh/趟}$ ，故平均單趟省了 20.92Wh，此數值比型錄上之數值 23.2Wh 略小。同樣，可計算出一年可省下電費約： $20.92(\text{Wh/趟}) \div 1,000 \times 432(\text{趟/天}) \times 265(\text{天/年}) \times 3.5(\text{元/度}) = 8,382 \text{ 元}$ 。

但是注意，上述兩種算法均假設電梯連續不停運轉的前提下，才有機會得到一天上下共達 432 趟之多。實際上的數值則會小上許多。

當我們進一步觀察圖 6.2 之內容，重新仔細累積計算之，其單趟上行耗能為：

$$8\text{kW} \times 4.5\text{s} + 13\text{kW} \times 19\text{s} + 7.5\text{kW} \times 2.5\text{s} + 4\text{kW} \times 2.5\text{s} + 2\text{kW} \times 1.5\text{s} = 314.75\text{kWs}$$

累計 5 趟上行耗能為：

$$5 \text{ 趟} \times 314.75\text{kWs} \times 1,000 \div 3,600\text{s} = 437.15\text{Wh}。$$

其單趟下行回生電能為：

$$2\text{kW} \times 4.5\text{s} + 4\text{kW} \times 19\text{s} + (6\text{kW} + 4.15\text{kW}) \times 2.5\text{s} + 0.3\text{kW} \times 2.5\text{s} + 0.8\text{kW} \times 1.5\text{s} = 112.325\text{kWs}。$$

累計 5 趟下行回生電能為：

$$5 \text{ 趟} \times 112.325\text{kWs} \times 1,000 \div 3,600\text{s} = 156\text{Wh}。$$

其回生電能比約為 35.7%，比型錄數據高上一些。此外，平均單趟省了：

$$156\text{Wh} \div 5 \text{ 趟} = 31.2\text{Wh}，$$

則一年約可省下電費：

$$31.2(\text{Wh/趟}) \div 1,000 \times 432(\text{趟/天}) \times 265(\text{天/年}) \times 3.5(\text{元/度}) = 12,501 \text{ 元}。$$

這數值顯然更為吸引人。當考慮每天 432 趟乃過於高估，兩相抵消之下，則前面計算得到之 9,296 元或 8,382 元反而是實際合理的節省電費估計值。

最後值得一提的是，圖 5.5 運行示意圖標註的是空車廂上下運行情況，則上行應是回生電能的發電機模式，下行是耗能的電動機模式，因此圖形有誤！只是這誤植不會影響上述之分析與計算結果。

第六章 電梯電力回生裝置節能效益分析與案例介紹

安裝電梯電力回生裝置是推廣建築節能減碳的有效途徑，但在採用時應依據電源品質與環境需求而所斟酌選用適當的裝置，才能發揮節能的目的。

本章舉例介紹各類型建築物電梯系統之節能實際案例，讓潛在用戶及業者了解未來如何針對現有電梯加裝電力回生裝置，並說明電梯電力回生裝置的選用原則及如何計算評估省電效益，以兼顧舒適的電梯搭乘品質與高效率節電功效。

6.1 電梯電力回生裝置節能實測分析

為使國內商業及住宅能源用戶了解電梯電力回生裝置之節能效益，我們特別以崇友實業股份有限公司電梯試驗塔進行配重差之比較實驗(如圖 6.1-2)，實驗內容包含使用電力分析儀進行現場量測及節能效益計算、驗證與記錄等工作，就加裝電力回生裝置之電梯系統，進行運轉參數量測(包括功率因數、電壓、電流、諧波與耗電量之變化)及回生電能之同步量測。現場電力掛表量測示意圖參見圖 6.1-1。量測方法摘要如下：

測試儀器：電力分析儀及交直流數位鉤表。

量測紀錄點：如圖 6.1-1 所示。

測試方式：於儀表數據顯示負載可穩定記錄狀態下，以電力分析儀於電源端實際量測並記錄耗能與回生電力之變化情形。

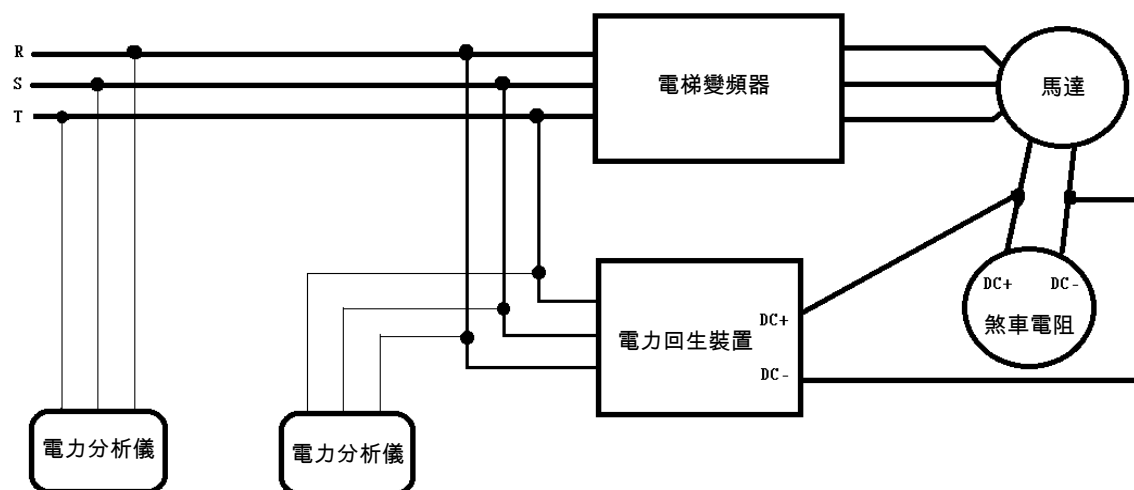


圖 6.1-1 現場實際量測示意圖

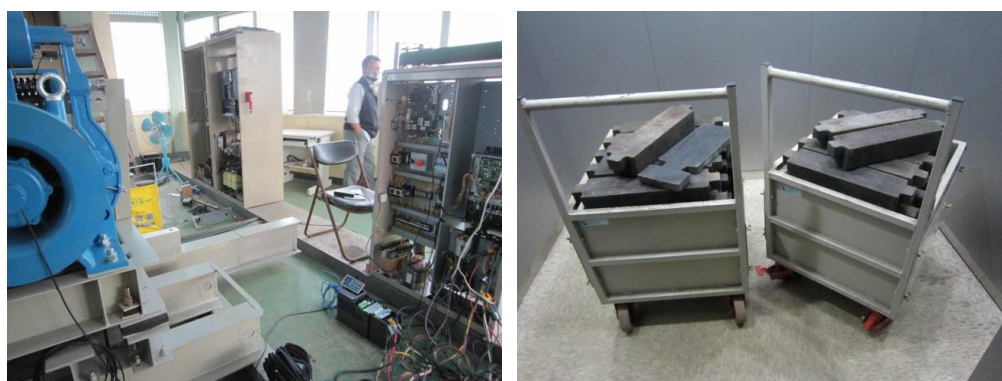


圖 6.1-2 現場使用鉛塊改變電梯配重

於此裝設有電能回生裝置之電梯試驗塔進行量測情形與結果如表 6.1-2 所示，崇友電梯試驗塔的電梯採用永磁式同步電動機驅動，其規格列於表 6.1-1。

表 6.1-1 永磁式同步電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
16.3kW	35A	162V	27.8Hz	167r/min

實驗過程描述如下：首先，於電梯電源端進行掛表量測，並於電能回生裝置回生端掛表同步量測，且電梯採定速 105m/min 運轉，共記錄 45 筆設定行程之運轉耗能及回生電能資料。

量測結果顯示回生電能依不同設定行程之距離與載重，而有明顯差異，如表 6.1-2 所示。由實測結果得知，該電能回生裝置於車廂載重 0%及 100%時，回生電能比最高，約可達電梯耗能之 46.2~47.61%。然若車廂載重越接近電梯額定配重(約車廂載重 50%)，其回生電能比則明顯越低，僅約 8.97%(配重差接近 0%時，車廂載重與配重塊之間的重力位能差較小，故馬達產生之回生電能小)。

表 6.1-2 電梯耗能與回生電能測試結果一覽表

車廂載重	與配重量差	設定行程 電能	18m (4~8F)	27m (4~10F)	36m (4~12F)	平均電能 (Wh)	回生電能比 (%)
0%	-50%	消耗	44.5	65.5	86.3	65.43	46.2
		回生	19.9	30.1	40.7	30.23	
25%	-25%	消耗	25.6	37.4	49.3	37.43	24.13
		回生	6.6	8.9	11.6	9.03	
50%	0%	消耗	22.2	32.6	42.2	32.33	8.97
		回生	2.8	2.9	3	2.90	
75%	+25%	消耗	33.7	49.2	64.5	49.13	35.07
		回生	12.2	17.3	22.2	17.23	
100%	+50%	消耗	54.9	81.2	106.3	80.80	47.61
		回生	25.8	38.5	51.1	38.47	

註:每種行程及狀態各運行 3 次，取 3 次測試值之平均值為代表數值。

觀察表 6.1-2，可以發現在車廂載重差 25%、50%、75%時，其淨消耗電能(即消耗電能減去回生電能)分別為 28.4、29.4、31.9Wh，三者非常接近，可知在這比較常態運轉的情況下，電梯控制系統的電能轉位能及位能轉電能的轉換效率是較為一致的，而且轉換效率是較高的。相較之下，當車廂載重 0%及 100%時，其淨消耗電能分別為 35.1 與 42.3Wh，此時的轉換效率是相對較低的。而空載比滿載低算是比較好的調校，因為空載運轉情形顯然比滿載要頻繁出現。

6.2 各類型建築電梯裝置電力回生系統測試

為瞭解國內既有電梯系統裝設電能回生裝置之節能效益，及檢討其後續推廣至其他建築物作為新型態節能技術選項之妥適性，故以能源用戶所期望之運轉方式進行量測(這與 2.5 節 VDI 4707&ISO 25745 規範所述之空車電梯能效量測認證方式不同)，採用進行為期 1 星期實際運行(不採空車量測模式)之量測與記錄，俾供後續節能效益評估之用，量測現況及使用情形如下：

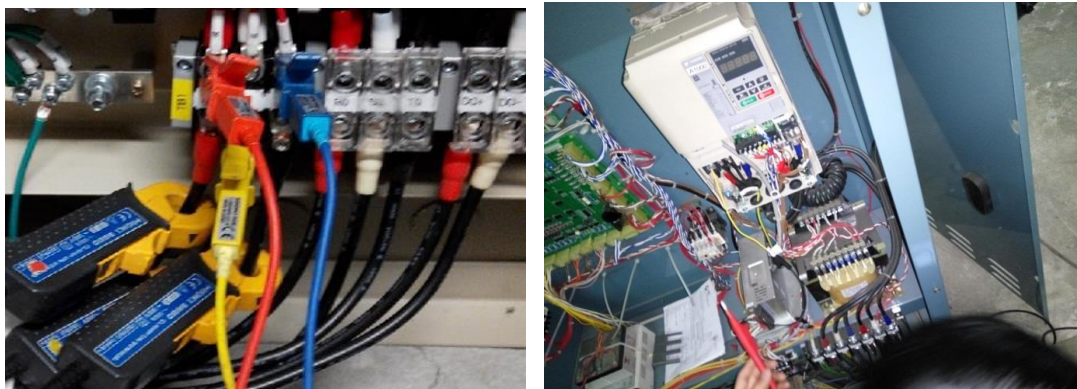


圖 6.2-1 電梯回生電量與原始耗電實際量測

案例一：內湖某辦公大樓電梯係採用某 O 廠牌，驅動裝置為感應電動機組，該大樓客梯共有 4 組(服務樓層為 B3~9F)如圖 6.2-2。

表 6.2-1 某 O 牌交流感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
18.5kW	50A	275V	45Hz	1327rpm



圖 6.2-2 電梯機房及電力回生裝置裝設點

於該辦公大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 21.5~23.5%間，若扣除其夜間待機所需系統耗能，僅以其常態運行狀態統計，其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 26.8%。

案例二：台南某酒店所屬員工用電梯系統增設電能回生裝置，該電梯係採用某 F 廠牌產品，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 120m/min)，該規格員工梯共有 2 組(服務樓層為 12F~B4F)。

表 6.2-2 某 F 牌變頻感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
19kW	45A	380V	50Hz	1448rpm



圖 6.2-3 電梯電源端實際量測及制動電阻裝設現況

於該飯店員工用電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 25.78%，另經量測資料顯示，該員工用電梯為每日 24 小時運轉使用，依據量測資料統計，一星期使用次數約達 3,548 餘次，使用率頗高。

案例三：台中某社區所屬大樓電梯系統增設電能回生裝置，該電梯係採用國內某 Y 廠牌之產品，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 105m/min)，該大樓客梯共有 2 組(服務樓層為 1F~16F)。

表 6.2-3 某 Y 牌變頻感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
11kW	51.5A	170V	50Hz	1425rpm



圖 6.2-4 電梯電力回生裝置使用實況及制動電阻裝設現況

於該大樓電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 9.9%。另經量測資料顯示，該大樓電梯雖為 24 小時運轉，但其運轉次數及頻率較低，依據量測資料統計，一星期使用次數約達 1,730 餘次，使用率略低(住戶較習慣用另一部靠大門之電梯)。另深夜(凌晨)1:00AM 至 6:00AM 的 5 個小時之間運轉次數更低，若扣除其夜間待機所需系統耗能，僅以其常態運行狀態統計，一星期使用次數約達 1,506 餘次，其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 10%。

案例四：某國立師範大學所屬教育學院大樓電梯系統增設電能回生裝置之節能效益，該電梯係採用國內知名某 G 廠牌之產品，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 90m/min)，該大樓客梯共有 2 組(服務樓層為 B1~10F)。

表 6.2-4 某 G 牌變頻感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
15kW	64.9A	170V	33.3Hz	961rpm



圖 6.2-5 電梯電力回生裝置偕同維保廠商測試

於該大樓電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 19.56%，另經量測資料顯示，該大樓電梯為 24 小時運轉，僅深夜(凌晨)2:30AM 至 6:30AM 的 4 個小時之間運轉次數較低，依據量測資料統計，一星期使用次數約達 716 餘次，使用率頗高。若扣除其夜間待機所需系統耗能，僅以其常態運行狀態統計，一星期使用次數約達 709 餘次，其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 20.4%。後續追蹤一年後之電表監控數據，其回生電量約可節省近 0.5 萬之能源費用支出。

案例五：某百貨所屬客用電梯系統增設電能回生裝置，電梯係採用國內某知名廠牌之產品，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 120m/min)，該規格客梯共有 2 組(服務樓層為 7F~B5F)。

表 6.2-5 某牌變頻感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
24kW	51A	380V	40Hz	1184rpm



圖 6.2-6 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測

於該客用電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 27.67%，另經量測資料顯示，該客用電梯為每日 5:00AM 至隔日 1:00AM 運轉使用，且於 5:00AM 至 11:00AM 及 22:00PM 至隔日 1:00AM 僅提供 B5F~1F 之樓層選擇運轉使用，依據量測資料統計，一星期使用次數約達 8,949 餘次，使用率頗高(量測期間 7F 尚未開放使用)。另上午 11:00AM 至晚間 22:00PM 的 11 個小時之間運轉頻率最高，若扣除其離峰及夜間待機所需系統耗能，僅以其營業時間常態運行狀態統計，一星期使用次數約達 5,661 餘次，其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 30.44%。後續追蹤一年後之電表監控數據，其回生電量約為總電梯耗能之 31%。

案例六：台北某社區管理委員會所管轄住戶大樓電梯系統增設電能回生裝置，電梯係採用國內知名廠牌之產品，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 60m/min)，該大樓客梯共有 10 組(服務樓層為 B1~12F)。

表 6.2-6 某牌變頻感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
7.5kW	34A	170V	50Hz	1432rpm



圖 6.2-7 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測

於該大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，並於電能回生裝置回生電能端掛表同步量測，由量測結果可知其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 22.5%，另經量測資料顯示，該大樓電梯為 24 小時常時運轉；且使用率極高，依據量測資料統計，一週使用次數約達 1,988 餘次。

案例七：台北某 24 小時辦公大樓電梯系統新設電能回生裝置之節能效益，該大樓電梯係採用某 Y 廠牌，驅動裝置為感應電動機組，該大樓客梯共有 2 組(服務樓層為 1~11F)。

表 6.2-7 某 Y 牌交流感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
15kW	68.1A	170V	50Hz	1425rpm



圖 6.2-8 電梯電力回生裝置偕同現場管理人及維保廠商實測

於該大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，量測時間為約 1 星期。由量測結果可知其累積回生電能，約可達電梯總量測耗能 12.8~13%之間，其中 2 號梯累積回生電能，可達總電梯耗能之 13%；3 號梯其累積回生電能，可達總電梯耗能之 12.8%。

案例八：台北某市政府辦公大樓電梯系統新設電能回生裝置之節能效益，該大樓電梯係採用某 T 廠牌，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 120m/min)，該大樓客梯共有 4 組(服務樓層為 B2~12F)。

表 6.2-8 某 T 牌交流感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
29kW	115A	380V	50Hz	1450rpm



圖 6.2-9 電梯電力回生裝置實測現況

於該大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，量測 1 星期。由量測結果可知其累積回生電能，約可達電梯總量測耗能 28.5%。

案例九：台北某辦公大樓電梯系統原廠之電能回生裝置節能效益，該大樓電梯係採用某日系 T 廠牌，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 223m/min)，該大樓客梯共有 4 組(服務樓層為 B1~20F)。

表 6.2-9 某日系 T 牌交流感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
30kW	56A	333V	37.2Hz	1450rpm



圖 6.2-10 電梯電力回生裝置實測現況

於該大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，量測 1 星期。由量測結果可知其累積回生電能，約可達電梯總量測耗能 37.56~39.73%之間，其中 2 號梯累積回生電能，可達總電梯耗能之 37.56%；3 號梯其累積回生電能，可達總電梯耗能之 39.73%。

案例十：台中某醫院大樓電梯系統之電能回生裝置節能效益，該大樓電梯係採用某 T 廠牌，驅動裝置為感應電動機組(額定速度 90m/min)，該大樓客梯共有 8 組(服務樓層為 B4~13F)。

表 6.2-10 某日系 T 牌交流感應電動機規格一覽表

電動機 額定容量	額定電流	額定電壓	額定頻率	額定轉速
9.5kW	31A	220V	50Hz	1452rpm



圖 6.2-11 電梯電力回生裝置實測現況

於該大樓現場電梯電源總盤進行掛表量測，量測 1 星期。由量測結果可知其累積回生電能，約可達電梯總量測耗能約 11.18%之間。經量測資料顯示，該大樓電梯為 24 小時常時運轉；且使用率極高，但因為病床專用電梯，故其配重差變化較不明顯。

6.3 小結

1. 由上述數種類型場所實測結果可知，在不影響其原有之電梯使用及運行下，若能進行電力回生裝置增設工程，所產生之節能效益將可高達 10~40%如表 6.4-1，在抑低電梯用電量方面有相當大之效益。

表 6.3-1 電梯電力回生裝置回生率及相關因素統計

類型	電梯速度(m/min)	載重限制(kg)	回生率(%)
辦公大樓	105	1350	26.8
觀光旅館	120	1150	25.78
社區住宅	105	700	10
大專院校	90	1000	20.4
百貨公司	120	1350	30.44
集合住宅	60	700	22.5
資訊機房	90	1000	13
政府機關	120	1350	28.5
商辦中心	120	1350	39.73
區域醫院	90	1000	11.18

2. 基於法規面與電梯安全之要求，若評估增設電力回生裝置，應先與原維保廠商確認及三方(含管理人&設備商)共同參與評估；建議僅能與其制動電阻端並聯，不可開路或做切換設置。經確認無誤後，方可架設及進行試車。
3. 在電梯電力回生裝置現場實測中發現，改善後之電梯機房發熱量明顯減少，不再需要開啟冷氣機冷卻機房，只需小型通風機即可(節約冷氣機耗電)，推估可減低其原室內場所之熱負荷，其節能效益將更為顯著。

4. 現今高效能電梯設備使用絕緣閘雙極性電晶體開關元件（IGBT）建構的電壓源轉換器之三相輸入端，串接一電感電路架構，相當於一個逆變器，不同的是其輸入為交流，輸出為直流，且因位於電源進線側，故被稱為前端。此系統的優點包括，具有可控式直流電壓、單位功因、雙向電力潮流控制、三相交流端近似弦波與低諧波失真等。若能採用永磁馬達則可再降低電能消耗，大幅提升電梯整體效率。
5. 考量電力回生之效果，若使用率低或載重小之電梯，或經現場量測得知直流側回饋起始電壓差範圍低於 100Vdc 以下者，則建議不裝設此裝置。
6. 依據各建築類型取樣結果得知，其尖離峰使用頻率與回饋電量之回生率成正比關係，即電梯系統使用率越高者，其節能潛力越佳；以上述案例尖峰實測值推估，約可有效抑低九千餘瓩之電梯尖峰須量用電(如圖 6.3)。



圖 6.3 各建築類型電梯電力回生裝置尖離峰節能率比較

7. 在不影響原有電梯使用狀態下，若能裝置使用電梯電力回生系統，其所產生之節能效益將可達 10~30%，其節電回生率平均約為 23.1%。在抑低電梯用電成長方面有相當助益。另隨近代再生能源技術發展快速進步，加上高效率馬達(如 IE3 等級以上)及永磁同步馬達應用於電梯市場持續攀升，電梯能耗整體可節省用電將可達 40%以上。
8. 我國目前電梯用電占建築整體用電約 4~6%，未來若電梯電力回生裝置等相關節能設備大量生產，價格降低及配合相關認證政策推動後，其投資回收年限應可望降至能源用戶期望值內。
9. 依據上列取樣結果得知，若電梯使用量大(特別是輕載或滿載)，使用時間長，其節能效益將更顯著，另測試期間並未發現電梯電力回生裝置會影響原電梯系統運行或產生控制異常之情形。
10. 因上述量測點係位於設備分盤端，以其結果推估其對總盤受電端總諧波量之影響，該電能回饋裝置應可符合台電「電力系統諧波管制暫行標準」及 IEEE std 519 相關規範規定。且電梯設備本身之特性，其運轉期間功因變化頗大，量測結果顯示回饋端之功因值明顯優於設備端。
11. 透過依據各建築類型取樣結果得知統計顯著關係因素分析，其載重(即配重差)與回生率之關係最為顯著，即電梯系統使用運行時之配重差越大者，其節能潛力越佳。【39】

表 6.3-2 回生率顯著關係因素分析

RPM	0.038858	1					
速度(m/min)	0.483644	0.107286741	1				
次數	0.228854	-0.214327039	0.330043	1			
距離(m)	0.473721	0.61499532	0.553823	-0.216856	1		
載重(kg)	0.925374	0.123025122	0.7138	0.3148726	0.2471509	1	
建築類型	0.045819	-0.335479612	0.169411	0.3727055	-0.081936	0.199146	1
是否原廠	0.647982	0.234633225	0.311832	-0.188822	0.72103668	0.380693	-0.38636364

6.4 國內電梯電力回生裝置節能案例介紹

本節主要介紹各大電梯廠商的實測案例，並概略性的說明其回生效益，俾使能源用戶或使用端參考未來是否推動電梯電力回生裝置節能應用技術及可預期之節能潛力(下列案例採用 2.5 節 VDI 4707&ISO 25745 規範所述之空車電梯能效量測認證方式)。

案例一

現況說明	某台灣能源供應業企業總部大樓。
電梯規格	使用高速電梯 210m/min 及中速電梯 105m/min，車廂載重限值均為 1600kg。
節能成效	1. 由量測結果可知高速電梯累積回生電能，約可達總電梯耗能 36.6%。 2. 中速電梯其累積回生電能，約可達總電梯耗能之 21.8%。 3. 上述總體平均累積回生電能，約可達總電梯耗能之 27%。



圖 6.4-1 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例二

現況說明	某台灣企業總部大樓電梯。
電梯規格	使用客貨兩用電梯 105m/min，車廂載重限值為 1000kg。
節能成效	由量測結果可知其電梯累積回生電能，約可達總電梯耗能 25.8%。



圖 6.4-2 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例三

現況 說明	某新竹工廠宿舍大樓。
電梯 規格	使用中速電梯 90m/min，車廂載重限值為 750kg。
節能 成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，約可達總電梯耗能 36.5%。



圖 6.4-3 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例四

現況 說明	某台南工廠客貨兩用電梯。
電梯 規格	使用中速電梯 60m/min，車廂載重限值為 2000kg，總行駛距離為 20m。
節能 成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，約可達總電梯耗能 30%。



圖 6.4-4 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例五

現況說明	某台北內湖辦公大樓客用電梯。
電梯規格	使用中速電梯 105m/min，車廂載重限值為 1150kg，總行駛距離為 55m。
節能成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，平均約可達總電梯耗能 15.3%。



圖 6.4-5 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例六

現況說明	某台南商業辦公大樓客用電梯。
電梯規格	使用中速電梯 105m/min，車廂載重限值為 1000kg，總行駛距離為 80m。
節能成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，平均約可達總電梯耗能 12.5%。



圖 6.4-6 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例七

現況說明	某台南科技園區電子廠貨用電梯。
電梯規格	使用中速電梯 90m/min，車廂載重限值為 2500kg，總行駛距離為 20m。
節能成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，平均約可達總電梯耗能 30%。



圖 6.4-7 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例八

現況 說明	某高雄大學客用電梯。
電梯 規格	使用中速電梯 60m/min，車廂載重限值為 750kg，總行駛距離為 20m。
節能 成效	由量測結果可知電梯累積回生電能，平均約可達總電梯耗能 27.1%。

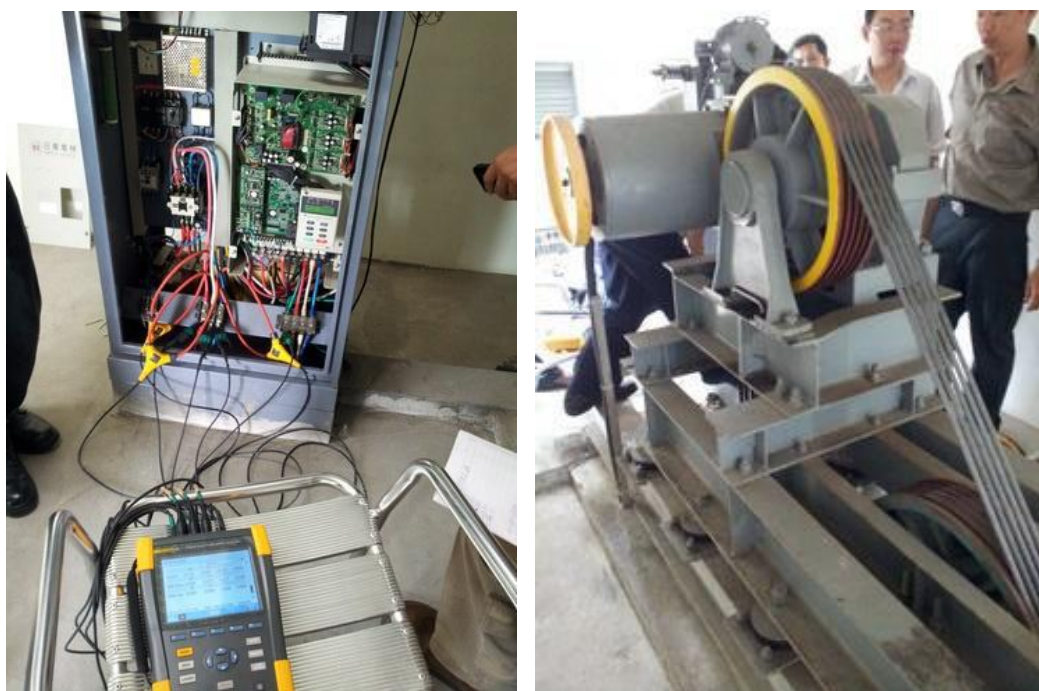


圖 6.4-8 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

案例九

現況說明	某桃園電子廠客貨電梯。
電梯規格	使用中速客用電梯 60m/min 及貨用電梯 60m/min，車廂載重限值分別為 700kg 及 1600kg，總行駛距離均為 30m。
節能成效	由量測結果可知客用電梯及貨用電梯累積回生電能，均約可達總電梯耗能 31%。



圖 6.4-9 電梯電力回生裝置節能案例現況實照

第七章 電梯電力回生裝置應用技術 Q&A

Q1：請問此電梯電力回生裝置有無使用限制？

A1：此技術目前市面上調壓調頻調速(VVVF)電梯均可適用，唯若經現場量測得知直流回饋起始電壓差範圍低於 50Vdc 以下者，考量其觸發問題，則不適合使用此技術；除此之外，應無特別的使用上之限制。

Q2：請問此電梯電力回生裝置(或技術)如何取得？

A2：電梯電力回生技術乃是採用同電梯驅動控制原理之反向應用，利用 IGBT 元件及 PWM、VVVF 控制迴路組成之 Converter，將電梯回生時之電力轉換成交流電回送市電網。此技術可參考上述之案例，目前各大電梯廠商均已發展「規格化」模組，可直接套用至一般電梯。而針對大型電梯機組，就必須視機組安裝現場現況，進行個別規劃設計。

Q3：進行個別規劃設計之電梯電力回生裝置，其設置安裝時程大致如何？

A3：若需於現場個別規劃設計，則須至機房現場勘查，項目包括：裝置空間、模組可安裝之位置、回饋電源接點、工程動線...等。再依這些條件進行外殼尺寸、規格、電線管路等設計，約 0.5~1 個工作天以內即可進行安裝與測試使用。

Q4：請問電梯電力回生裝置如何維護保養(Maintenance)？

A4：該裝置構造相當完整，並不需要繁雜的維護或保養，只須與電梯驅動控制系統(Drive Control System)一起進行一般性定期點檢保養即可；其維護保養之費用為零。

Q5：請問電梯電力回生裝置待機耗電量大概多少？

A5：根據實驗測試，以每日操作 24 小時之裝置而言，其耗電量很低近乎原電梯耗電的 0.1%(待機耗電量約 20~25W)，但仍因視回生裝置容量大小而定。

Q6：請問電梯電力回生裝置的使用壽命大概多長？

A6：裝置元件不像傳統被動元件一樣壽命較短，不過還是有其工作壽命，約為 6-20 年(消耗品電解電容約 10 年需更換)，實際需依使用頻度(電梯運轉時間)及裝置環境條件而定。

Q7：請問此電梯電力回生裝置造價大概是多少？

A7：裝置的造價須視電梯電動機容量大小、速度、積載量等條件，會有不同規格對應，造價亦不相同。目前開發通用之模組已小量生產，因此平均單價較低，本體約 4~20 萬元左右(不含施工安裝費用)；未來若可順利大量生產，預計可將價格壓低至約 3~5 萬元左右。【40】

Q8：請問架設電梯電力回生裝置的回收年限大概多長？

A8：根據訪談調查、實測與應用案例，其模組的回收年限大約在 2~10 年左右，主要與電梯搭乘使用率成正比關係(詳細需依實際使用狀況而定，使用頻度愈高回收年限愈快)。【41】

Q9：請問此電梯電力回生裝置在什麼條件下節能效果會減低？

A9：a.電梯用戶使用運行狀態力行狀態(重載上升或輕載下降)遠多於回生狀態(輕載上升或重載下降)時效果會低減。

b.捲揚機之效率太差會影響電力回生。(捲揚機效率：PM 主機>螺旋齒輪主機>蝸桿蝸輪主機)。

c.另根據實驗測試得知，若當電梯機房現場環境溫度過高、潮

溼及散熱不良時，其回生電量效果會略微降低，或使系統異常當機。

Q10：請問此電梯電力回生裝置之控制方式複雜嗎？

A10：電梯電力回生裝置控制方式等同電梯驅動控制加上發電機並聯供電控制，為確保回生電力品質不影響用戶電氣器具，控制方式稍為複雜些；但於用戶操作端該裝置模組則無須額外之控制方式。【42】

Q11：請問此電力回生裝置是否會造成電梯安全疑慮？

A11：該裝置模組以開發並聯煞車熱散電阻之運轉控制模式，因此若裝置故障，其制動回生電量將以原回生電阻熱散失掉，電梯仍可正常運行。【43】

第八章 結 語

電梯產業已有百年的歷史，隨著電機電子科技的興盛，電梯產業亦逐漸迎來了創新科技的浪潮，吸引各職種的專業人才競相投入，希冀為建築物室內打造舒適、安全、節能的移動車廂。的確，節約能源與環境保護所衍生的綠色電梯成為電梯產業的主流趨勢。

電梯設計在台灣向來被歸類為建築與電機配電工程中的一環，攸關電梯品質的安全與節能向來乏人研究與探討。正確的電梯設計規劃及節能產品使用是息息相關的因果。整個電梯產業的市場有賴建築師、電機技師、電梯設計等專業人員的通力合作，才能營造優質建築環境。未來除了電梯專業人員的養成外，建立嚴格驗收規範並確實執行檢驗工作，才能有效造就優質電梯工程。政府若期許民眾能建立正確知識，除了透過節能宣導外，電梯廠商與相關學刊雜誌亦應配合推動認識優良節能電梯品質，加強消費者認識電梯節能的重要性。

電梯設備的選擇固然是營造建置者主觀決定，但政策則應該明確關注在能源效率與環保要求等目標，主管單位在政策上需要明確地獎勵開發節能產品設計。優良節能電梯的推廣有賴於標準規範的訂定及完整的檢驗監督制度，並透過公平的罰則來建立市場秩序與經營環境。

由前述章節介紹，可了解隨近代省電又環保之電梯技術發展，現在市面上最熱門節能產品電梯電力回生裝置，加上智慧節能控制及永磁馬達應用，整體可節約電梯用電達 40% 以上。台灣目前電梯用電占建築整體用電約 4~6%，未來綠色節能電梯、電力回生裝置及控制設備大量生產，價格降低及配合政策推動後，其投資回收年限可望降至 3~5 年內，相信將可全面大量採行。

民國 104 年統計，非生產性質行業(包含服務業、政府機關及學校)能源查核用戶(用電登記資料契約容量超過 800kW 者)約 1,432 筆，

總用電量約達 151.76 億度電，總電費 483.84 億元，平均每度電約 3.18 元。若日後加強重點推廣能源大用戶採行綠色節能電梯，以電梯占 4.54%計，預估全面推動增設電力回生裝置或汰舊更換新型節能電梯提高普及率至 50%以上，則可獲得可觀的電梯節約用電約 0.85 億度電，約 2.7 億元。以平均 5 年回收計算【6】，則可產生約 13.5 億元之市場經濟效益。對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標之推動上，將會有具體貢獻。況且各用戶若節約能源有成，將使得營運成本降低，可提升經營利潤，強化市場競爭力！

編後語

「電梯電力回生裝置節能應用技術手冊」之編撰，係藉由介紹相關電力回生原理及裝置特性等，提供使用者瞭解傳統電梯節能改善的可能效益，並介紹新型節能電梯相關產品與相關國內外電梯設備能源效率規範，提供使用者作為選購節能電梯之參考。最後，根據不同場所之電梯使用方式進行建議，提供各類型建築物電梯節能設計之參考。

本手冊的編撰是由國立台北科技大學電機工程研究所練教授光祐主筆，及本會林昆郁副工程師配合協助實際相關節能案例實際量測、資料收集、彙整、編排、增修和張淑媚管理師校對後，聘請國立台灣科技大學電機工程系蕭教授弘清、台灣綜合研究院楊顧問正光、台達電子工業股份有限公司葉經理展嘉、中華民國電梯協會技術委員會召委顏專案組長長榮及財團法人台達電子文教基金會張副執行長楊乾等 5 位為審查委員，審核後才得以使本手冊更形充實和完備。

最後，在實際案例取樣量測過程中，感謝財團法人台達電子文教基金會鼎力協助，協調提供場地及相關資源，使得案例量測得以順利完成，特此致上萬分謝意。

參考文獻

- 【1】 內政部，營建署-營建統計年報，2014年。
- 【2】 內政部營建署檢索服務系統網站，2016年。
- 【3】 法務部全國法規資料庫網站，2016年。
- 【4】 經濟部能源局，非生產性質行業能源查核年報，2015年。
- 【5】 中華民國升降設備安全協會會訊，第65期。
- 【6】 財團法人中技社，產業能效提升之回顧與展望，2015年。
- 【7】 內政部建築研究所，智慧綠建築資訊網，2016年。
- 【8】 內政部建築研究所，智慧建築評估手冊，2016年。
- 【9】 蘇怡綺，公益財團法人日本台灣交流協會。
- 【10】 日本國土交通省網站，建築物省エネ法に係る性能向上計画認定、表示制度の手引き，2016年。
- 【11】 日本国立研究開発法人建築研究所網站，2016年。
- 【12】 一般社団法人日本サステナブル建築協会網站，2016年。
- 【13】 蘇哲弘，臺灣德國萊因技術監護顧問股份有限公司，2011年。
- 【14】 英國，<http://www.breeam.com/>網站，2016年。
- 【15】 歐洲標準化委員會(CEN) 網站，2016年。
- 【16】 經濟部能源局，能源報導，2016年。
- 【17】 財團法人資訊工業策進會，數位教育研究所網站，2016年。
- 【18】 周德宇，(台北101)台北金融大樓股份有限公司。
- 【19】 王順典、吳美慧，台達電子工業股份有限公司。
- 【20】 User's Manual for ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004, Simulation General Requirements Building Performance Rating Method。
- 【21】 美國，<http://www.usgbc.org/>網站，2016年。

- 【22】 陳雯甄，財團法人台達電子文教基金會。
- 【23】 台灣奧的斯電梯股份有限公司產品型錄，2016年。
- 【24】 湖州歐利亞電梯產品型錄，2016年。
- 【25】 盛大電梯企業股份有限公司，2016年。
- 【26】 中華民國電梯協會網站，2016年。
- 【27】 行政院公共工程委員會全球資訊網網站，2016年。
- 【28】 誠岱機械廠股份有限公司產品型錄，2016年。
- 【29】 日本電產株式會社網站，2016年。
- 【30】 游壽祝，台灣三菱電梯股份有限公司，2016年。
- 【31】 張錦鋒，台灣三菱電梯股份有限公司，2016年。
- 【32】 Lian, Hung, Chiu, and Liu, IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 20, NO. 5, SEPTEMBER 2005。
- 【33】 經濟部能源局，能源報導，2015年。
- 【34】 日本株式會社日立製作所網站，2016年。
- 【35】 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，起重升降機具安全研究-無機房升降機，2014年。
- 【36】 台灣(日本)三菱電機網站，2016年。
- 【37】 李文強，台灣電力股份有限公司營建處，2012年。
- 【38】 台達電子工業股份有限公司產品型錄，2013年。
- 【39】 李秀娟、陳玉嬋，財團法人台灣綠色生產力基金會。
- 【40】 王丞玄、盧正忠，永大機電工業股份有限公司。
- 【41】 王義昕、黃昌隆，台達電子工業股份有限公司。
- 【42】 日本三菱電機株式會社網站，2016年。
- 【43】 葉展嘉，台達電子工業股份有限公司。

附錄-常用名詞解釋

名稱	說明
捲揚機 (捲揚電動機)	電梯上下運行的動力來源裝置。
牽引式 捲揚機種類	(a)交流齒輪式捲揚機(ACGEAPED 式)。 (b)直流齒輪式捲揚機(DCGEARED 式)。 (c)直流無齒輪式捲揚式(DCGEARLESS 式)。
控制櫃	由受電盤、控制盤、繼電器盤(RELAY)等所構成。
控制盤	控制電梯上下運行的電控裝置。
反應盤	控制盤之配合副盤。
車廂(Car)	升降機用以載運人員及/或其他荷重之部分。
車廂框架	以鋼材所構成的上樑是用鋼索吊起;緊急停止裝在下樑架上(也有裝在上樑架上)，在車廂豎柱上下左右安裝況著導軌滑動的導滑器或滾子導件輪形導滑器。
廂頂控制箱 (含側壁、頂棚)	在側壁有操作盤和車廂內樓層指示器，在頂棚有照明燈、停電燈、緊急救生門等設置。在自動關閉式的門端，有設置人或物品觸及時把門給返回的安全門履，以防止被夾事故。門亦有手動式的，在運行中如有開門的情形，電梯就做緊急停止。
導軌 (Guide Rails)	用以提供車廂、反向配重或平衡配重導引之堅固構件。為引導車廂及配重升降的導軌，被分別裝在升降通道壁上，堅固的固定住。
鋼索	吊起車廂和配重的主鋼索及連結調速機和車廂的調速機鋼索等都受到採用，分別依靠鋼索承套固定住。
廂頂照明	電梯內部之天花板照明。
移動電纜	升降通道內的固定配線和車廂機器做電氣接續物品。
按鈕	要叫來車廂時使用，裝有門驅動裝置的電梯，如車廂停在該樓時，按此按鈕門就立刻開。
位置指示器	亦可稱為樓層顯示器，現在一般使用點燈方式表示。
調速機(限速器)	防止電梯超過額訂速度時的保護裝置。
超速調速機 (Overspeed Governor)	當升降機到達預設之速率時，可造成升降機停止，且若有必要，可導致安全機械裝置動作之裝置。
漸進式安全機械裝置 (Progressive Safety Gear)	一種安全機械裝置，其產生減速之方式係在導軌上煞車，及以此種方式符合特別之規定，限制施加在車廂、反向配重及平衡配重上之力在許可值內。

名稱	說明
槽輪室 (Pulley Room)	一個不包括機器在內的小室，內置槽輪，超速調速機亦可設在該室內。
機械座	放置捲揚機的固定基座。
機械室部品	機房內其餘部品。
機械樑	跨架在建築物主樑上之結構物,支撐整台電梯的重量。
機械樑墊板	平衡調整地面水平之用。
防震裝置	減緩捲揚機運作時所發生的震動。
配線槽	內藏控制盤與捲揚機間的動力電纜與傳輸線。
鋼索繫吊總成	鋼索棒，即固定鋼索之裝置。
導軌托架	固定於建築物上，使軌道能安裝在其上，同火車鐵軌下方枕木。
移動電纜 (Travelling Cable)	在車廂與固定點之間，含有多重心線之可撓性之電纜線。
上端電纜固定支架	升降通道上方固定活動電纜支架。
終端開關支架	電梯運行到最上/下端時之安全裝置固定架。
吊軌組立	將電梯門自動開啟之裝置。
廂頂安全護框	電梯上方之安全裝置,防止維修人員意外墜落。
上樑組立	電梯框架上部負責與鋼索繫吊總成相連結之裝置。
梯廂門組立	電梯內部的門扇。
側板組立	電梯內部裝修之牆面。
梯廂部品	舉凡電梯內部照明燈管，壓克力皆屬梯廂部品。
梯廂框部品	舉凡電梯外圍框架皆屬梯廂框部品。
梯廂地板組立	即電梯地板，乘客所腳踩的部品。
下樑組立	位於電梯框架下部，通常含煞車裝置。
配重軌道	供配重框運行的裝置，同火車之鐵軌功能。
配重框總成	平衡電梯車廂之用，內部放置主重錘。
配重接軌板	連接每一段配重軌條之用。
乘場門組立	電梯外部之門，通常乘客站在電梯外所看見的門扇。
梯廂接軌板	連接每一段主軌條之用。
主重錘	平衡電梯車廂之用，放置於配重框總成內。
三方框	位於電梯外側,建築物與電梯介面之修飾裝置。
著檢板檢知	電梯樓停到站檢知之裝置。
調速機鋼索	調速機所使用之鋼索裝置。
機坑底護欄	防止維修人員進入配重框總成下方之安全裝置。

名稱	說明
緩衝器	以液體或彈簧煞車方式(或其他類似方式)，彈性停止在行進路程之終端。
車廂導軌	供電梯車廂運行的裝置，同火車之鐵軌功能。
升降通道 (Well)	在其內有車廂、反向配重或平衡配重運行之空間，該空間通常由機坑之底部、升降通道之牆壁及天花板所圍成。
緩衝器固定支架	固定緩衝器之用。
緩衝器固定台	固定緩衝器，使其能夠安置於建築物上。
中間台	當機坑過深時，需要安裝此裝置。
車廂緩衝器	當電梯因故下墜時能減緩碰撞之裝置。
平衡鍊	當電梯為高速與高程過時，以此平衡廂尾電纜與主鋼索重量之用。
配重	車廂和配重以鋼索作吊掛式連結，對於升降行程高者，因為要補正鋼索重量不均衡，也有安裝平衡鋼索或平衡鏈條情形。
額定荷重	設定由車廂在正常運轉下載運之荷重，可能包括處理操作裝置在內一般指車廂載重。
配重重量	一般電梯配重設計重量為(車廂結構重量+額定載重) $\div$ 2，故配重重量差=[車廂載重-(車廂結構重量+額定載重) $\div$ 2]之百分占比。
設定行程	指該次測試行程乃由出發樓至目的樓之運轉距離，但完整測試行程距離之耗能與回饋電能統計以出發樓至目的樓再返回出發樓之距離為計算基礎。
運行速度	指該次測試之等速段運轉速度(亦即非加/減速度)。
消耗電能	指相同測試條件下，電梯自出發樓關門起至目的樓(含開關門)再返回出發樓開門完成期間的系統用電量及運轉用電量之合。
回生電能	指電梯自出發樓關門起至目的樓(含開關門)再返回出發樓開門完成期間之總回饋電力量。
回生比率	指相同測試條件下，電梯自出發樓關門起至目的樓(含開關門)再返回出發樓開門完成期間之比值。即回饋電能 $\div$ 設置回饋電能裝置前電梯耗能總需求量之占比。