

出國報告（出國類別：考察）

英國鐵路車站及建物節能減碳措施

服務機關：交通部鐵路改建工程局

姓名職稱：總工程司 劉慶豐
 簡派工程司 蘇文源

派赴國家：英國

出國期間：99 年 11 月 09 日~99 年 11 月 17 日

報告日期：100 年 2 月 15 日

出國報告審核表

出國報告名稱：英國鐵路車站及建物節能減碳措施		
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
劉慶豐	總工程司	交通部鐵路改建工程局
出國類別	☒ 考察 ☐ 進修 ☐ 研究 ☐ 實習 ☐ 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：99年11月09日至99年11月17日		報告繳交日期：100年02月15日
計 畫 主 辦 機 關 審 核 意 見	☒ 1.依限繳交出國報告 ☒ 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」) ☒ 3.無抄襲相關出國報告 ☒ 4.內容充實完備 ☒ 5.建議具參考價值 ☒ 6.送本機關參考或研辦 ☒ 7.送上級機關參考 ☐ 8.退回補正，原因： ☐ 不符原核定出國計畫 ☐ 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 ☐ 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 ☐ 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 ☐ 電子檔案未依格式辦理 ☐ 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☒ 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ☐ 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 ☒ 於本機關業務會報提出報告 ☐ 其他_____ ☐ 10.其他處理意見及方式：	
審 核 人	一級單位主管	機關首長或其授權人員
		

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

提要表

系統職別號	C10000373					
計畫名稱	臺中都會區鐵路高架捷運化計畫					
報告名稱	英國鐵路車站及建物節能減碳措施					
計畫主辦機關	交通部鐵路改建工程局					
出國人員	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	劉慶豐	交通部鐵路改建工程局	總工程司室	總工程司	簡任（派）第十一職等	mcf_liu@rrb.gov.tw
	蘇文源	交通部鐵路改建工程局	機電組	簡派工程司	簡任（派）第十職等	mwy_su@rrb.gov.tw
前往地區	英國					
參訪機關	ZED factory 開發公司；英商莫特麥克唐納工程顧問股份有限公司					
出國類別	考察					
出國期間	99 年 11 月 09 日~99 年 11 月 17 日					
報告日期	100 年 2 月 15 日					
關鍵詞	節能減碳，電軔列車再生能源，建築整合型太陽能光電板					
報告書頁數	70 頁					
報告內容摘要	這次考察包括英國當地的節能減碳示範社區、地鐵車站、鐵路車站、輕軌車站、達爾文中心及司法大廈等案例，這些案例涵蓋私有和公有建築物，不論在設計或設備建置上，處處可見英國推動節能減碳的成效，英國在西元 2007 年頒佈「能源政策白皮書」後，近年來也陸續推動許多使用再生能源獎勵措施，最後將對這些獎勵措施和我國「再生能源發展條例」作一比較和說明。					
電子全文檔	C10000373					
出國報告審核表	C10000373-A					
限閱與否	否					
專責人員姓名	王小蓮					
專責人員電話	02-89691900 分機 1935					

摘要

英國鐵路是世界軌道工業的先驅，近年不僅陸續推動鐵路交通建設及更新計畫，同時積極推動節能減碳政策及措施。配合西元 2012 年倫敦奧運之舉行，英國投入 160 億英鎊執行 Crossrail 鐵路更新計畫，提升大倫敦區域之鐵路運能。配合低碳能源政策，英國政府 2007 年頒佈「能源政策白皮書」，計畫，預計 2010 年使再生能源發電量佔總發電量的 10%，2020 年則倍增至 20%。2010 年 3 月發佈「氣候變遷法案」，將以 1990 年為基準，六種溫室效應氣體的排放量，到 2020 年要減少 20%，到 2050 年減少 80% 為目標。

此次考察當地的節能減碳示範社區、地鐵車站、鐵路車站、輕軌車站、達爾文中心及司法大廈等案例，這些案例涵蓋私有和公有建築物，不論在設計或設備建置上，處處可見英國推動節能減碳的成效。考察時期，同時借助英國莫特麥克唐納工程顧問公司的協助，聽取該公司負責的鐵路更新專案設計計畫，包括銀行車站、維多利亞車站等及相關節能應用。英國在 2010 年陸續推動許多使用再生能源獎勵措施，這些獎勵措施類似我國 2009 年 7 月 8 日頒佈「再生能源發展條例」相關法令，將一併比較說明。

目錄

一、出國考察依據及目的.....	01
1.1 考察依據	01
1.2 考察目的	01
二、考察成員及行程摘要.....	01
2.1 考察成員	01
2.2 行程摘要	02
三、參訪過程說明.....	03
3.1 貝丁頓節能減碳社區（Bed ZED）	03
3.2 研討鐵路牽引電力效能及車站更新計畫	11
3.3 自然歷史博物館-達爾文中心.....	23
（The Natural History Museum-The Darwin Centre）	23
3.4 倫敦交通博物館（London Transport Museum）	31
3.5 倫敦三廠島（Three Mills Island）生態更新	40
3.6 曼徹斯特司法大樓（Manchester Civil Justice Centre）	48
四、英國節能減碳政策及再生能源獎勵措施.....	61
五、心得及建議事項.....	64
5.1 心得	64
5.2 建議事項	68
六、參考文獻.....	70

圖目錄

圖 3.01 住宅社區	03
圖 3.02 建築隔牆	04
圖 3.03 建築節能措施	05
圖 3.04 屋頂綠化	06
圖 3.05 自然通風風杓	07
圖 3.06 通風風杓動作原理	07
圖 3.07 計費表箱	08
圖 3.08 太陽能光電板	09
圖 3.09 複合式熱電機組	09
圖 3.10 複合式熱電機組工作流程	10
圖 3.11 社區資源利用示意圖	11
圖 3.12 更新計畫簡報	11
圖 3.13 再生電軛回饋電力	12
圖 3.14 倫敦地鐵導電軌	14
圖 3.15 鐵路線型分析	14
圖 3.16 列車輸出參數圖	15
圖 3.17 沒有再生電軛回饋電力	15
圖 3.18 有再生電軛回饋電力	16
圖 3.19 英國低碳運輸計畫	16
圖 3.20 倫敦維多利亞地鐵站	17
圖 3.21 維多利亞車站更新計畫透視圖	18
圖 3.22 維多利亞車站旅客大廳自然採光	19
圖 3.23 廁所付費入口	19
圖 3.24 廁所付費入口換幣機	20
圖 3.25 真空式浴廁設備示意圖	20
圖 3.26 真空式小便斗	21
圖 3.27 烘手機	22
圖 3.28 銀行車站擴建更新示意圖	23
圖 3.29 達爾文中心（左）和自然歷史博物館（右）	24
圖 3.30 達爾文中心繭建築	25
圖 3.31 地球館地球展望區	25
圖 3.32 達爾文中心接待區	26
圖 3.33 建築自然採光	26
圖 3.34 屋頂 ETFE 氣枕	27

圖 3.35 無障礙通道	28
圖 3.36 恒溫恒溼空調	29
圖 3.37 導覽展示品觸控螢幕	30
圖 3.38 導覽展示品機組	31
圖 3.39 柯芬園地鐵站驗票閘門	32
圖 3.40 街頭藝人	32
圖 3.41 阿普魯市場	33
圖 3.42 倫敦交通博物館	34
圖 3.43 步行馬車	34
圖 3.44 燃煤的蒸汽機車	35
圖 3.45 地鐵鐵路爆炸模型	36
圖 3.46 黑色計程車	36
圖 3.47 雙層紅色公車	37
圖 3.48 地鐵車站標誌	37
圖 3.49 旅運服務設施	38
圖 3.50 模擬再生電軌遊戲機（正面）	39
圖 3.51 模擬再生電軌遊戲機（背面）	39
圖 3.52 藍色導旅標章	41
圖 3.53 Bromley-by-Bow 地鐵站.....	41
圖 3.54 手動兼自動的門扇	42
圖 3.55 大門手動開關	42
圖 3.56 廣告招牌	43
圖 3.57 三廠島	43
圖 3.58 濱江綠化	44
圖 3.59 腹地綠化	44
圖 3.60 整修車道	45
圖 3.61 凸出路面鋼筋防護	45
圖 3.62 Devons Road 車站出入口	46
圖 3.63 Devons Road 車站月台	46
圖 3.64 候車座椅	47
圖 3.65 Stratford 車站透光屋頂	47
圖 3.66 租用自行車停放區	48
圖 3.67 曼城 Piccadilly 火車站	49
圖 3.68 車站大廳 ETFE 薄膜透光屋頂	49
圖 3.69 車站大樓門廳	50
圖 3.70 車站玻璃帷幕外牆	50
圖 3.71 電車停靠月台	51
圖 3.72 公車候車亭	51

圖 3.73 司法大樓建築外觀圖	52
圖 3.74 司法大樓平面圖	53
圖 3.75 基地風向分析圖	53
圖 3.76 大樓自然通風及自然採光立面圖	54
圖 3.77 大樓大廳外牆	55
圖 3.78 大樓大廳	55
圖 3.79 大樓法庭通風	56
圖 3.80 大樓法庭採光	56
圖 3.81 大樓法庭採光和通風	57
圖 3.82 大樓空調主機	57
圖 3.83 大樓空調主機抽取冷卻水示意圖	58
圖 3.84 河水抽水泵浦	58
圖 3.85 River Irwell 河空調主機冷卻水排放口	59
圖 3.86 總工程司致贈顧問紀念品	60
圖 3.87 上網電價作業圖	62

表目錄

表 2.1 考察成員表	01
表 2.2 行程摘要表	02
表 3.1 各種複合式導電軌電力效能分析表	13
表 3.2 台鐵局各型電力機車之性能表	40

一、出國考察依據及目的

1.1 考察依據

配合政府節能減碳政策，經交通部 98.08.10 交人字第 0980046065 號函轉行
政院 98.08.05 院臺交字第 0980041478 號函同意 99 年度派員出國考察，暨交通部
99.10.15 交人字第 0990057605 號函同意原預算不變更，出國天數由 10 日變更爲
9 日，進行「赴英國考察鐵路車站建物節能減碳措施」。

1.2 考察目的

全球由於暖化效應，各地氣候普遍發生聖嬰或反聖嬰現象，各地氣候產生極
端差異，無論下雨量，或是溫度變遷，常常打破當地氣象觀測站歷史紀錄。西元
2005 年 2 月 16 日京都議定書生效後，各國都致力於推動節能減碳的措施。民國
98 年發生世界性金融危機，我國爲提昇國內經濟成長率，擴大國家內需產業，同
時推動許多公共工程建設，其中交通部鐵路改建工程局負責國內鐵路立體化及服
務效能昇任務，執行全省鐵路交通 15 項的專案建設計畫，爲配合政府節能減碳
政策，考察英國鐵路車站節能設計，作爲國內鐵路工程改建規劃設計參考。爲與
國際接軌，符合世界潮流趨勢，考察英國當地大型公共建築物及相關建物案例的
節能設計，提供日後專案執行節能減碳設計的改進對策，了解當地再生能源獎勵
措施，比較我國的「再生能源發展條例」相關法令，作爲國內訂定獎勵法令參考。

二、考察成員及行程摘要

2.1 考察成員

表 2.1 考察成員表

姓名	服務機關單位	職稱	官職等
劉慶豐	交通部鐵路改建工程局	總工程司	簡任（派）
蘇文源	交通部鐵路改建工程局 機電組	簡派工程司	簡任（派）

2.2 行程摘要

英國鐵路是世界軌道工業的先驅，近年不僅陸續推動鐵路交通建設及更新計畫，同時積極推動節能減碳政策及措施。配合 2012 年英國倫敦舉辦奧運，目前英國投入 160 億英鎊執行 Crossrail 鐵路更新計畫，更新計畫有些工程緊臨既有營運鐵路車站和路線施工，施工階段必須同時維持車站和路線營運需求，這種工程特性，類似本局執行中的鐵路改建及新建工程，參訪當地同類型的相關案例，將可作為日後執行計畫之參考。

這次考察借助英商莫特麥克唐納工程顧問公司的安排，聽取該公司負責的鐵路更新專案設計計畫簡報，包括銀行車站、維多利亞車站等車站及相關節能應用，同時參訪該公司設計興建完成的倫敦自然歷史博物館達爾文中心及曼徹斯特司法大樓等節能設施。考察行程，同時參訪英國地鐵車站、鐵路車站、輕軌車站及貝丁頓節能減碳社區等案例，由這些案例可見，英國不論在設計或設備建置上，推動節能減碳的努力。西元 2010 年英國陸續推動許多獎勵使用再生能源措施，這些獎勵措施類似我國在 2009 年 7 月 8 日頒佈「再生能源發展條例」。這次考察行程，如表 2.2 行程摘要表，以下章節，將依序說明行程內容。

表 2.2 行程摘要表

日期	地點	參訪考察事項
11/09(二)	台北-倫敦	桃園中正國際機場-倫敦希斯洛機場
11/10(三)	倫敦-Surrey	考察貝丁頓節能減碳社區 (Bed ZED)
11/11(四)	倫敦-Croydon	考察英商莫特麥克唐納工程顧問股份有限公司節能減碳設計及簡報 (Mott MacDonald)
11/12(五)	倫敦	考察倫敦自然歷史博物館-達爾文中心節能減碳設施 (Darwin Centre)
11/13(六)	倫敦	參訪倫敦交通博物館 (London Transport Museum)
11/14(日)	倫敦	參訪倫敦三廠島 (Three Mills Island) 生態更新
11/15(一)	倫敦 -Manchester	考察曼徹斯特司法大樓節能設施 (Manchester Civil Justice Centre)
11/16(二)	倫敦	倫敦希斯洛機場-回程
11/17(三)	倫敦-台北	回程-桃園中正機場

三、參訪過程說明

3.1 貝丁頓節能減碳社區（Bed ZED）

11 月 10 日(星期三)考察貝丁頓節能減碳社區（Bed ZED），社區位於倫敦南郊蘇騰自治行政區內（The London Borough of Sutton），靠近 Hackbridge 鐵路車站，地址在 24 Helios Road Wallington,Surrey。BedZED 為貝丁頓零耗能發展計畫（The Beddington Zero Energy Development）的縮寫，完工於 2002 年 9 月，佔地約 1.8 公頃，共有 82 戶住宅單元，271 個房間、工作室與商業空間共 3000 平方公尺，為英國目前最大的永續社區之一，也是此類社區中的典範與標竿，圖 3.1 住宅社區。



圖 3.1 住宅社區

規劃團隊包括：由致力於區域性永續發展的環境組織 BioRegional Development Group、ZEDfactory、倫敦最大的開發公司 Peabody Trust、英國最具影響力的工程技術團隊 Ove Arup & Partners、以及貫徹永續建築理念的建築師 Bill Dunster。資金則來自倫敦市政府、歐盟發展基金，與世界野生動物基金會（WWF）的「一個地球生活」（One Planet Living）基金。社區中約 25%的住宅空間提供給中低收入戶使用，為自治區政府所有，僅供租用，25%的住宅空間提供主要工作者使用並擁有所有權，其它 50%則開放市場

自由買賣。規劃時除了將使用機能混和，讓住宅單元、工作室單元與屋頂花園相互交錯，亦計畫性的將各種社會階層適度混和，讓社區呈現不同於以往的多元性，為英國少有的高密度住商混和式社區。社區建築總工程造價約 1500 萬英鎊（含土地價購），買賣或出租價格比當地小型傳統英式住宅市場價格高約 5~20%，但是維護管理與能源費用，可以節省約 20% 的成本，同時對於環境的破壞卻趨近於零，讓 BedZED 獲得 2003 年英國皇家建築師協會（RIBA）永續建築設計大獎的肯定，並將相關永續經營及節能觀念推廣到世界各地。以下將對針對該社區採用節能減碳的措施，作一摘要的說明。

3.1.1 能源效率

Bed ZED 住宅使用簡單被動式的建築技術，諸如高規格的隔熱，良好的氣密標準，座落面向南方的住宅方位，吸取太陽光熱能，利用建築物自然通風，產生冷熱空氣對流作用效果，提供住家新鮮空氣和暖房溫度需求。

1. 建築隔牆技術

英國冬天非常冷，Bed ZED 住宅的屋頂、牆體及地面均採用高質量的絕緣材料，維持冬天住家的舒適溫度，外牆是一種夾心構造，牆體的內芯內採用 300 mm 厚的礦毛絕緣纖維，保存吸收的熱量不容易消散。如圖 3.2 建築隔牆。



圖 3.2 建築隔牆

外窗為木窗框，具有良好的斷熱構造，窗戶玻璃有 3 層，夏天可以減少室外高溫傳

導，避免空調使用，冬天可以將室內人體和器具產生的熱源，保持在屋內。

2. 建築節能措施

建築師提供四種住宅類型與工作室空間讓居民選擇，住宅空間皆位於南面，以充分利用太陽能。爲了鼓勵當地經濟與減少通勤而設的工作室，則位於北面以採大量柔和天光。住宅空間的南向立面設有三層樓高的溫室，以提供暖房及 PVs 發電所需之大量太陽能，室內溫度藉由自由開窗調控，室內光量則藉由窗簾控制。因爲溫室效應，讓住家終年毋須依賴中央暖氣系統來獲得合理的舒適度，也因爲大量自然天光的獲取，大幅減少人造光源的使用，更因爲提供了室內植栽的可能性，加上前院與屋頂花園，讓高密度的社區一整年得以擁有相當的綠意，如圖 3.3 建築節能措施。

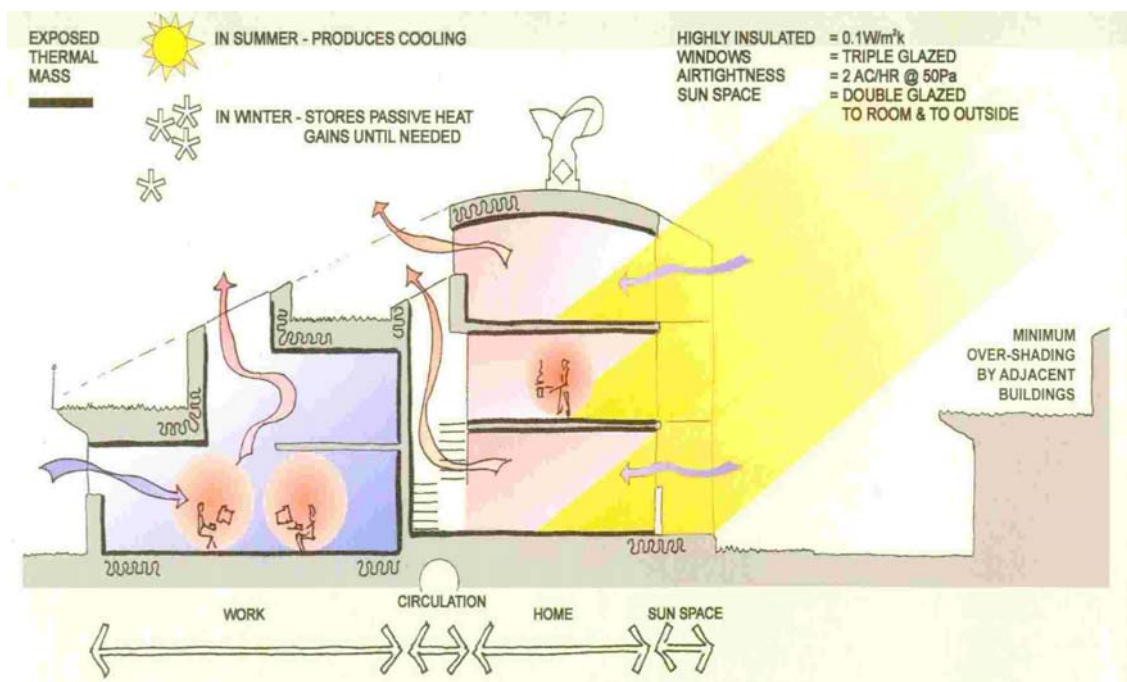


圖 3.3 建築節能措施

3. 屋頂花園

工作室屋頂正上方則安置屋頂花園，提供冬暖夏涼的功能，夏天開花時，整個生態村成了一個美麗的花園。如圖 3.4 屋頂綠化。



圖 3.4 屋頂綠化

4. 被動式暖房和自然通風

英國的高緯度氣候使一般位宅必須有中央暖氣系統，建築師認為，若建築外殼保溫絕緣與氣密性做得好，只靠陽光、室內活動、電器用品與廚房所產生的熱就得以讓室內穩定維持在一定的舒適度範圍，不需設置暖氣系統，這樣可以減少機械設備成本與後續保養花費，更為住戶節省了相當可觀的能源花費。事實證明，儘管在最嚴寒的冬天，講究的門窗設計與厚達 30 公分的超級絕緣層，搭配植滿阿爾卑斯植被的綠色屋頂，讓室內得以維持在 20℃ 上下的舒適溫度。瓦斯僅用於廚房烹飪，一年的瓦斯費用僅是傳統社區的 10%。

要維持居住健康與舒適性，好的熱能保存系統需要適當的自然通風設計做搭配。BedZED 屋頂天際線最引人注目的彩色風杓，即扮演了無耗能自然通風的角色，不僅提供住宅室內的新鮮空氣，同時可以利用排出室外前的屋內餘熱，預熱進入室內的新鮮空氣，減少空氣交換的溫差，如圖 3.5 自然通風風杓。



圖 3.5 自然通風風杓

自然通風風杓利用風壓與室內外溫度的不同，讓外界新鮮空氣與室內空氣得以用一種不耗能的方式循環交換，新鮮冷空氣會先經過一個簡單的預熱系統，讓室內外溫度不致因為氣流交換，而產生劇烈變化與不必要的熱能散失。如圖 3.6 通風風杓動作原理。

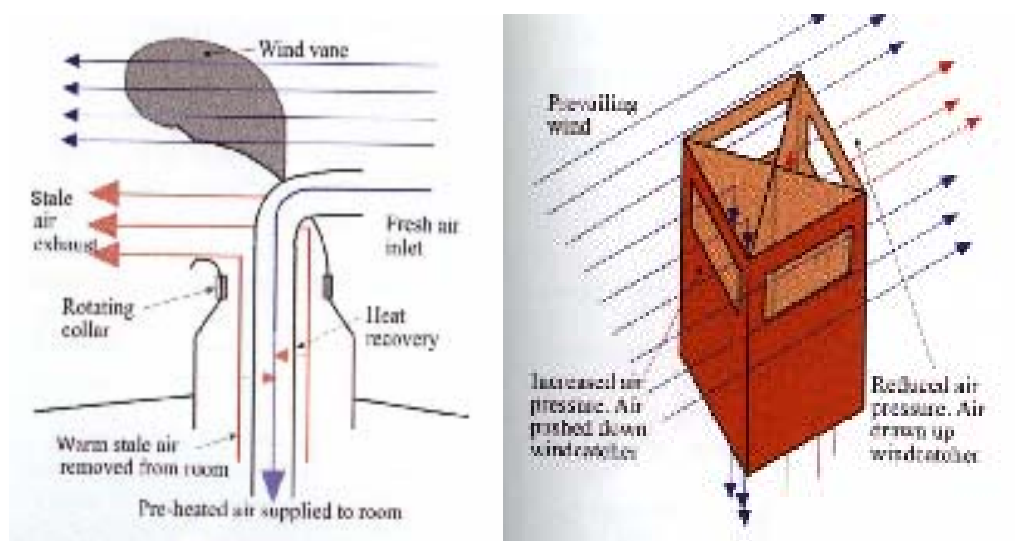


圖 3.6 通風風杓動作原理

5. 可見的計費表

社區住戶可以從裝置在住宅廚房，簡易的水表和電表，隨時了解住戶目前所用水電流動度數的情形，如圖 3.7 計費表箱。



圖 3.7 計費表箱

圖示上方為電源分配開關盤，下方為簡易電表及水表，盤外設置一個玻璃窗，可以透視水表和電表的使用度數。

3.1.2 低碳能源

設計 BedZED 社區能源時，即採用再生能源為主，這些再生能源包括太陽能光電板、利用有機物廢棄材料為燃料的供電組機和水資源的再利用。

1. 建築整合型太陽能光電板（BIPV）

BedZED 的社區屋頂裝置 777 m² 的太陽能光電板，可以供給社區 20% 的電力需求，這些太陽能光電可為 40 輛汽車提供電力，利用 PV 電力供應汽車的模式，將太陽能光電板的投資回收週期，從通常的 25 年縮短為 BedZED 中的 6.5 年。BedZED 沿用汽車共乘制度，讓社區居民有多部電動車可供租用，也有集中管理的充電停車

空間，為住戶省下一筆極為可觀的養車費用。如圖 3.8 太陽能光電板。



圖 3.8 太陽能光電板

2. 複合式熱電機組（CHP）

BedZED 所有電力與熱水皆來自一具 130kW 電力和 250kW 的複合式熱電機組（CHP：Combined Heat and Power Unit），使用倫敦地區園藝或樹枝修剪的有機木屑做為燃料，足以供給整個社區的用電量，機組發電所產生的熱也用以加熱整個社區的熱水需求，利用地底保溫管線輸送至各戶儲熱槽，圖 3.9 複合式熱電機組。



圖 3.9 複合式熱電機組

BedZED 社區能源連接國際電力網（National grid），該電網屬於民營機構，電網功能類似台灣電力公司，提供社區太陽能光電和複合式熱電機組的備用電源，使社區電源能不間斷，複合式熱電機組的瓦斯爐作為提供熱水的備用能源。如圖 3.10 複合式熱電機組工作流程。

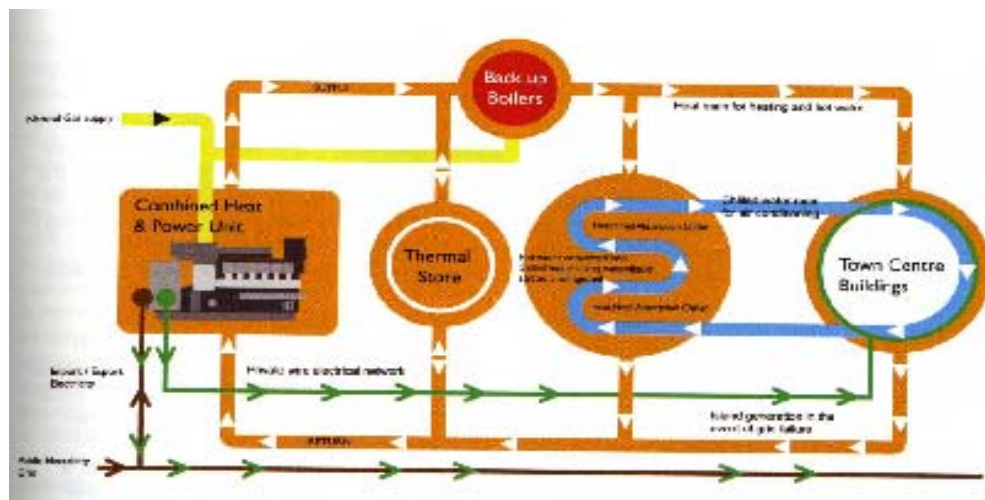


圖 3.10 複合式熱電機組工作流程

3.水資源利用

屋頂植被與大量的透水鋪面，讓雨水得以均勻、緩慢的滲透至每戶的地下水槽，提供浴廁沖洗與園藝灌溉之用，讓大量雨水注入下水道系統所造成的水患不再發生，也讓每戶每年省下約 55,000 公升的珍貴飲用水。以英國為例，浴廁洗滌與灌溉用水佔整體用水的 33%，而 BedZED 每年所要節省的 33% 用水量目標，就由雨水回收系統（18%）與浴廁省水設施（15%）來達成；例如採用節能標準達歐盟 AA 等級的洗衣機，3L+5L 省水馬桶，鼓勵淋浴等。家庭污水亦採生化處理方式直接在社區內淨化，在達到浴廁沖洗及園藝灌溉的淨化水質標準後，導入每戶的地下水槽與雨水一起儲存。如圖 3.11 社區資源利用示意圖。

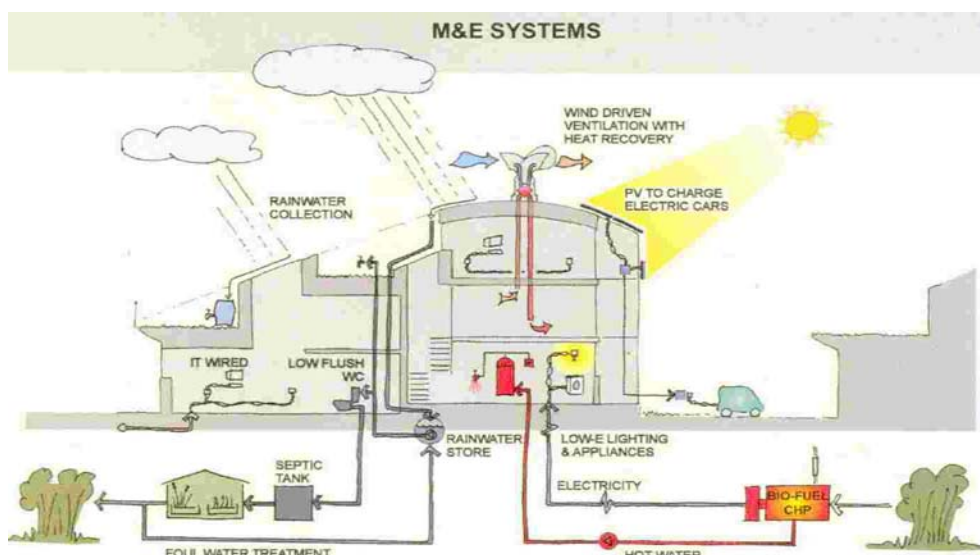


圖 3.11 社區資源利用示意圖

3.2 研討鐵路牽引電力效能及車站更新計畫

11 月 11 日(星期四)拜訪莫特麥克唐納集團 (Mott MacDonald Co.)，該集團是英國一個多元化的工程及管理顧問公司，在鐵路運輸專業領域，已經有 107 年的服務經驗，這次考察拜訪該公司位於英國南部，倫敦近郊 Croydon 城市的總部莫特麥克唐納大樓，由部門經理 Dick Dumolo 先生主持，如圖 3.12 更新計畫簡報。



圖 3.12 更新計畫簡報

該公司鐵路服務範圍，包括重軌，高速鐵路，地鐵，貨運，輕軌和單軌鐵路，曾

經服務項目如：台灣高速鐵路，高雄捷運，英國及歐洲各國的鐵路計畫，包括英國倫敦地鐵，維多利亞等車站的升級和 London's Crossrail 專案計畫等。

Crossrail 計畫提供一個新的鐵路線穿過倫敦，連接在西方的梅登與阿比伍德，及東部地區的辛菲爾德，通過希斯洛機場，帕丁頓和利物浦街站為主線，總計畫經費達 159 億英鎊。本次研討該公司對鐵路牽引電力效能分析，鐵路車站更新計畫，包括正在執行設計中的維多利亞車站及倫敦地鐵之銀行車站等。行程中由地鐵轉乘鐵路路網公司(Network Rail，簡稱 NR)的路線，經過維多利亞車站，亦實地勘查該車站的現況及節能設施。

1. 鐵路牽引電力效能分析

提高鐵路電力效能有許多方法，包括再生電軔回饋電力、引擎整修、使用汽電混合燃料，依照英國經驗，再生電軔回饋電力可以節省 10~20%的能源消耗，整修引擎提高速度可以節省 17%的能源消耗，依照日本經驗，使用汽電混合燃料可以節省 20%的能源消耗，以下針對使用再生電軔回饋電力和減少系統損失方式，說明影響鐵路牽引電力效能情形，並介紹莫特麥克唐納公司使用鐵路牽引電力效能分析軟體。

(1) 再生電軔回饋電力

供電軔再生之車種，具有將制軔時之動能轉換為電能回饋至電車線的功能，節省閘瓦接觸磨擦消耗與能源再利用之效益，如圖 3.13 再生電軔回饋電力。

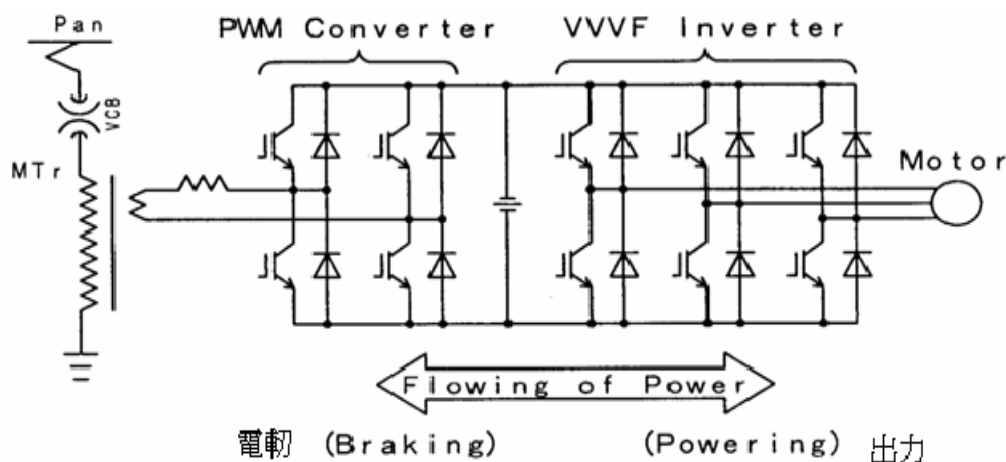


圖 3.13 再生電軔回饋電力

因此在電氣化鐵路供電系統，才能配合列車推進動力系統的再生電軔功能，產生回饋電力的功能 VVVF 變流器基本上將 DC 電源轉換為變壓變頻之 AC 電源，而 PWM 轉換器則轉換 AC 電源為 DC 電源；也就是說，轉換器的電源作用對應於變流器的再生。

- 牽引模式時：變壓器二次側之交流電壓，經單相 PWM 轉換器建立一穩定之直流鏈(DC link)電壓，供應 VVVF 變流器驅動牽引馬達所需要的電力。
- 再生模式時：牽引馬達所產生之再生功率，經 VVVF 變流器向直流鏈電容充電，使直流鏈電壓上升，再經四象限轉換器將直流鏈電壓轉換為交流電壓，回送電車線。

(2) 複合式導電軌 (CCR：Composite Conductor Rail)

複合式導電軌採用鋁包鋼材質，可以減少電路電阻，依理論分析，在導電軌路線上，可以降低至少 36% 的能源消耗，如表 3.1 各種複合式導電軌電力效能分析表。

表 3.1 各種複合式導電軌電力效能分析表

Type of conductor rail	New (W)	33% worn (W)	75% worn (W)	Fully worn (W)
42 kg/m	21.0	23.0	25.5	27.0
52 kg/m	17.0	19.0	21.5	23.0
64 kg/m	14.0	15.5	17.0	18.0
74 kg/m	12.5	13.5	14.5	15.5
CCR	8.0	8.0	8.0	8.0
ELL CCR	5.5	5.5	5.5	5.5

英國地鐵導電軌有側向型和頂上型，如圖 3.14 倫敦地鐵導電軌。



圖 3.14 倫敦地鐵導電軌

(3) 牽引動力能源效率最佳化分析

英商莫特麥克唐納公司從西元 1980 年研發一套電腦模擬牽引動力系統電力效能最佳化軟體(TRAIN)，其可用來分析使用交流電路和直流電路，在 2003 年經過認證商業化後，成功應用在英國、愛爾蘭、香港、澳州、南非、美國及加拿大，以下是一個執行案例。

➤ 列車特性諸元輸入

程式必須輸入列車諸元，包括線型特性（電力供應、能源儲存、號誌、坡度及車站等）、滾動裝置特性、服務對象，如圖 3.15 鐵路線型分析。

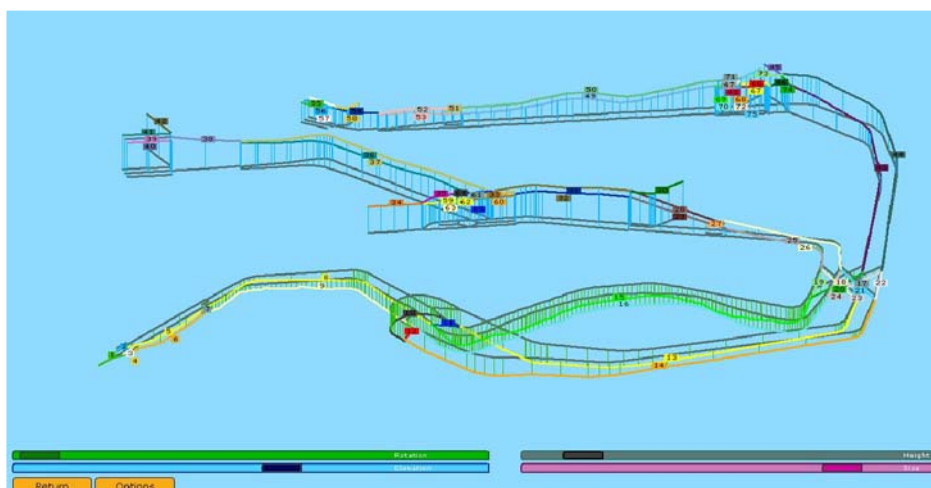


圖 3.15 鐵路線型分析

➤ 列車用電諸元輸出

程式輸出列車諸元，包括供電電流、系統電壓、能源消耗、系統能源損失及減少 CO² 值，如圖 3.16 列車輸出參數圖。

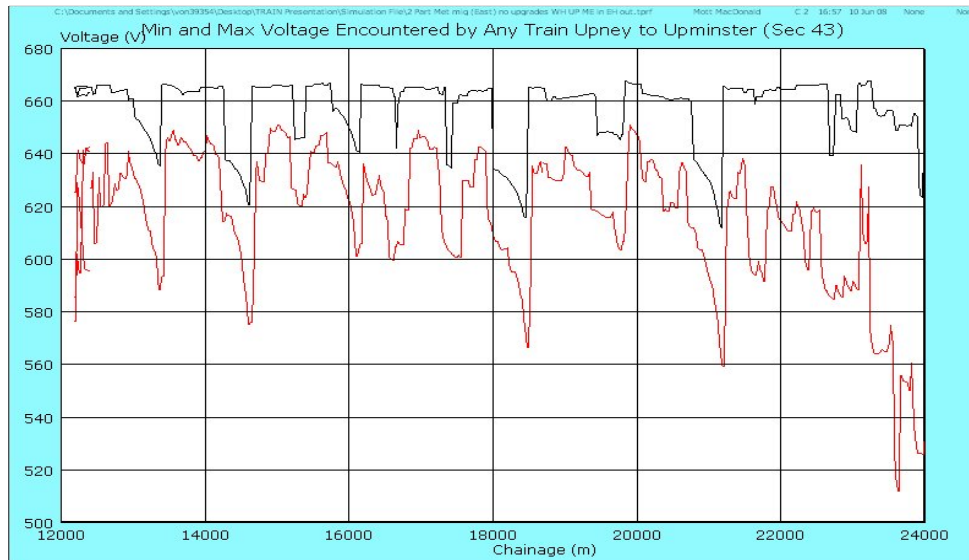


圖 3.16 列車輸出參數圖

➤ 使用再生電軔回饋電力比較

沒有使用再生電軔回饋電力系統（如圖 3.17），比使用再生電軔回饋電力系統（如圖 3.18），消耗較多的電力能源。

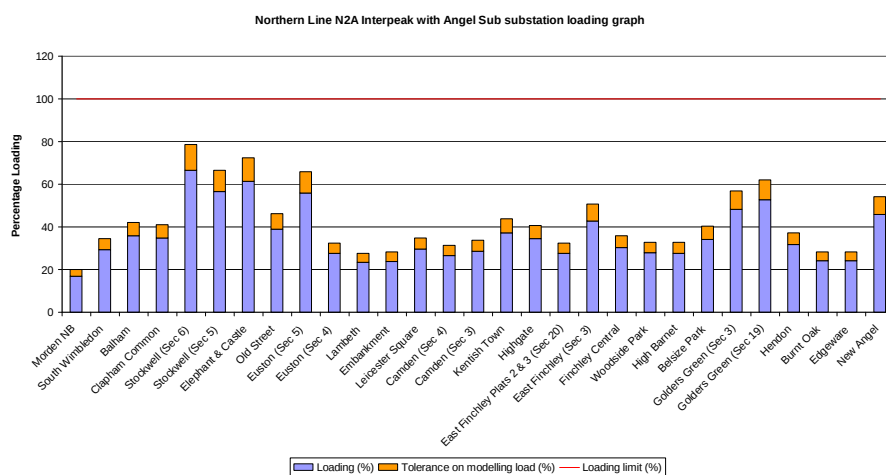


圖 3.17 沒有再生電軔回饋電力

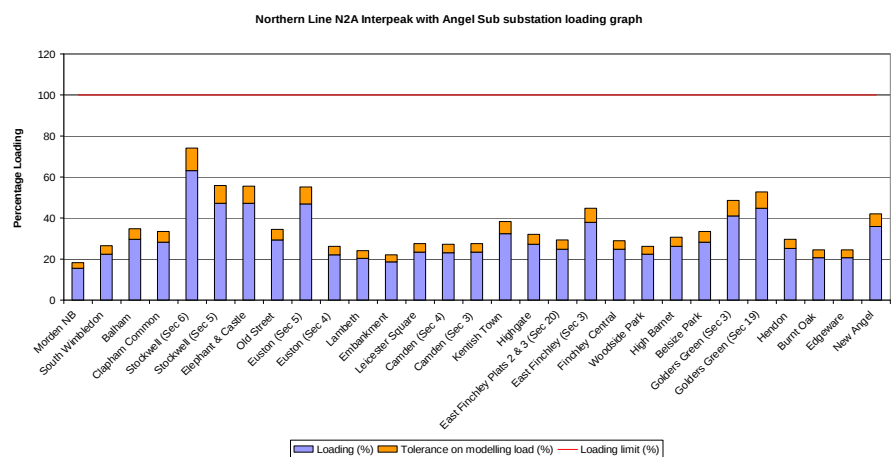


圖 3.18 有再生電軌回饋電力

英國從配合節能減碳政策，鐵路牽引動力變電站能源消耗量，將從西元 2008 年 171MtCO²等值消耗量，下降至 2022 年 86 MtCO²等值消耗量，如圖 3.19 英國低碳運輸計畫。

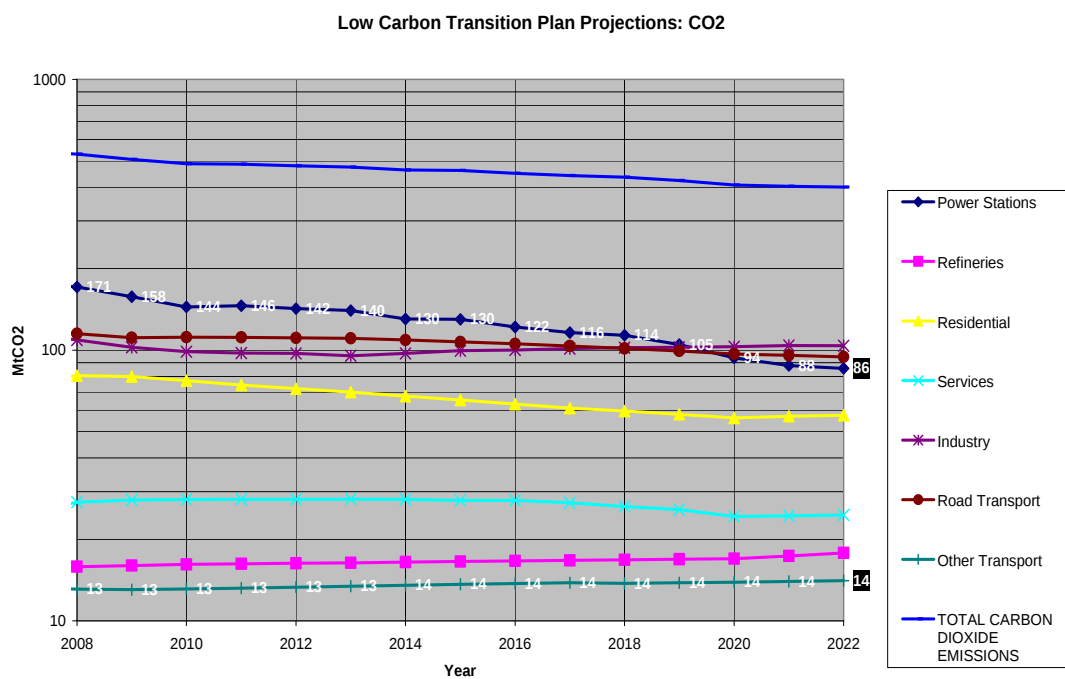


圖 3.19 英國低碳運輸計畫

2.倫敦維多利亞車站（Victoria Station）

（1）維多利亞車站更新計畫

維多利亞車站是倫敦一個複合運輸之主要地點，其包括倫敦地鐵及聯絡英國南部鐵路運輸網路的主要車站，每年光倫敦地鐵之使用人次超過 80 萬人次。如圖

3.20。



圖 3.20 倫敦維多利亞地鐵站

車站客運量已經超過該站的設計能力，在尖峰時間，造成了嚴重的交通擠塞。倫敦地鐵被迫在週日時刻，限縮每分鐘旅客進站流量，使車站月台不致擁擠和危險。據預測，因為倫敦的人口不斷增加，在西元 2016 年的地鐵載客需求率，將增加達 25% 以上。為了滿足日益增長的運量需求，在倫敦交通局的投資計劃中，進行倫敦地鐵一些車站和系統升級，維多利亞地鐵站的更新升級，屬於這個旗艦計畫之一，將耗資 5 億英鎊。倫敦地鐵任命莫特麥克唐納顧問公司，負責升級維多利亞車站更新（VSU：Victoria Station Upgrade）細部設計和施工的總顧問。該工作任務將從 2011 年開始，預定在 2018 年前完成。該工作完工後，將增加維多利亞車站 50% 的旅客使用量，主要功能包括：

- 提供旅客一處新的售票大廳和北側入口，而不必像現有車站入口，必須穿越繁忙的街道，同時分隔多個辦事處，改善尖峰時間交通擠塞。
- 擴大現有的維多利亞線售票大廳。
- 設置八部新的電梯，提供旅客從街道進入 Victoria 線的月台，同時銜接轉乘 Circle & District 線的月台，設置九部新的自動扶梯，並且改善從維多利亞地鐵車站到鐵路車站的樓梯出入口通道寬度，方便所有乘客進入車站。
- 興建一條新的隧道連接到維多利亞線月台的北端，提高旅客流量。

VSU 計畫和本局執行鐵路改建及新建計畫一樣，除必須維持鐵路正常營運外，還需減少對周圍環境的影響。為加強工程介面整合，該公司採用 3D CAD 模式，減輕工程介面干擾。圖 3.21 是未來維多利亞車站更新完成後之計畫透視圖。

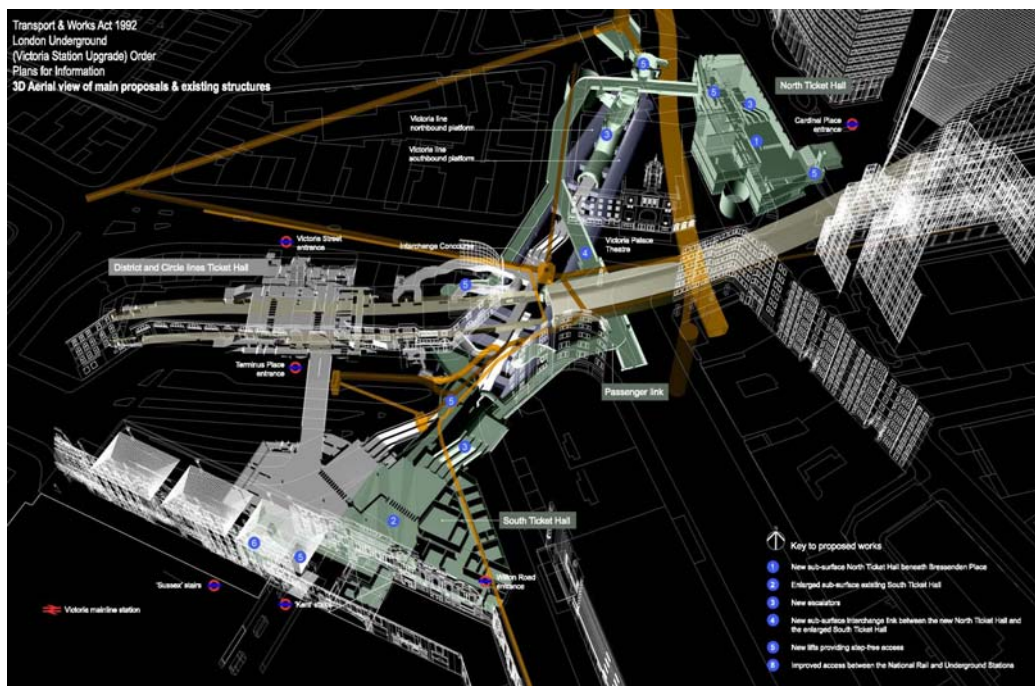


圖 3.21 維多利亞車站更新計畫透視圖

(2) 倫敦維多利亞車站節能設施

這次考察行程中多次經過維多利亞車站轉乘鐵路路網公司的路線，剛好實地勘查該車站的現況及節能設施。

- 自然採光及自然通風

維多利亞車站旅客大廳屋頂採用鋼樑結構，透明玻璃及裸空的屋簷，平常白天可以減少照明及空調通風用電，如圖 3.22 維多利亞車站旅客大廳自然採光。



圖 3.22 維多利亞車站旅客大廳自然採光

➤ 公共廁所收費及節能設施

維多利亞車站非付費區的旅客大廳設置付費的廁所供旅客使用，由於英國鐵路車站屬於私有機構經營，對於車站公共設施採用使用者付費原則，每一個人進入車站廁所，必須繳付 30 便士（約新台幣 15 元），如圖 3.23 廁所付費入口。

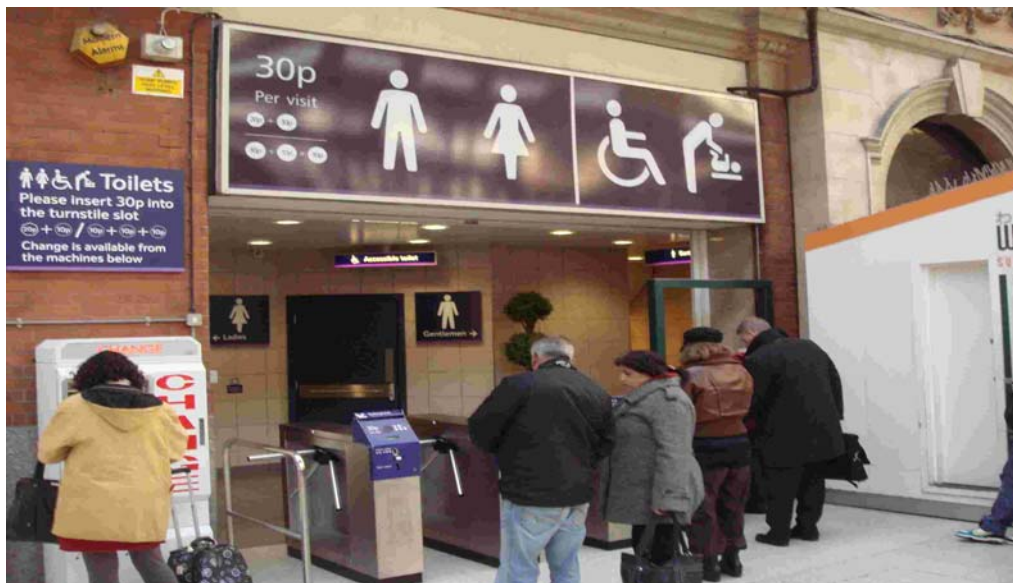


圖 3.23 廁所付費入口

廁所付費入口採投幣式管制閘門，對於沒有硬幣的旅客，車站提供紙鈔換幣機，如圖 3.24 廁所付費入口換幣機。



圖 3.24 廁所付費入口換幣機

進入公共廁所內並沒有看到清潔人員駐地進行清理工作，但是室內卻非常的整潔，而且沒有異味，主要原因是廁所採用真空式浴廁設備。傳統式浴廁設備利用大量的清水，以重力加速度方式，將浴廁污水經排水管，排放到主要下水道。真空式浴廁設備則利用空氣壓力，如圖 3.25 真空式浴廁設備示意圖。

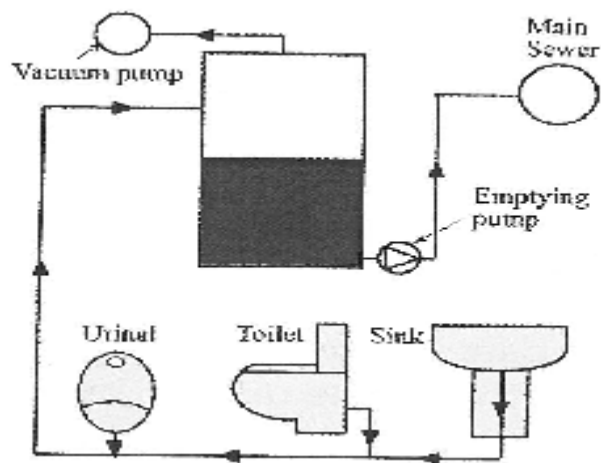


圖 3.25 真空式浴廁設備示意圖

這種真空式浴廁設備曾利用在船上，目前歐洲和英國的一般建築物也在使用，如圖 3.26 真空式小便斗。



圖 3.26 真空式小便斗

浴廁污水處理過程為浴廁本身設備內平時維持有 1.2 公升少量的水，污水排放管和浴廁設備間利用一個閥件阻隔，平常污水放管利用機房的真空泵浦，維持管路低於大氣壓力 0.5bar 的真空負壓力，當污水排放沉澱到閥件，閥件打開後，由外面大氣壓力強迫將排放物，經污水放管排放到污水儲存槽，從浴廁設備內再加入少量的清水，如此每次沖水可以節省 4.8 公升的清水。這種真空式浴廁設備有以下幾項優點：

- 傳統重力式浴廁設備的排水管約須直徑 100 mm 的排水管，真空式浴廁設備的排水管直徑約 50 mm，可以節省管線材料及建築安裝空間。
- 真空式浴廁設備不需要排氣通風管，因為每次浴廁設備沖水時，引入相當於整個室內空間約 60 立方公升的新鮮空氣，可以代替傳統式室內的排氣需求。
- 真空式浴廁設備變更調整較具彈性。
- 有較大的異物進入排水系統，排水管路必須將異物立即移除才能正常排放，防止產生較大的管路阻塞情形。
- 根據使用經驗，一次標準的沖水約持續 12 秒鐘，產生的噪音約 80dbA，而使用真空式浴廁設備沖水一次，只持續 3 秒鐘，產生的噪音約 78dbA。

公共廁所內不提供，只提供烘手機，節省費用減少能源浪費，如圖 3.27 烘手機。



圖 3.27 烘手機

3.倫敦地鐵北方線-銀行車站（Bank Station Northern Line）

根據倫敦地鐵資料顯示，自 2003 年以來，每年利用銀行地鐵車站轉乘的客運量，以 43% 的增加率上升，其中有三分之一的旅客進出車站，目前北方線銀行車站每天大約有 30 萬人次使用它，特別是車站的月台，在早上和傍晚尖峰時間都出現嚴重擁堵，因此進行進站控制措施，如在尖峰時間禁止進站，部分列車不停靠，如果旅客數量繼續增長，將進一步惡化。為解決車站過度擁擠的問題，倫敦地鐵正在進行車站擴建更新計畫，總計畫經費約 6250 萬英鎊，預估 7 年的工期，從西元 2015 年開始到 2022 年結束，當完成這些計劃將有助紓緩交通擠塞，對所有人開放銀行車站，使用地鐵北方線和滑鐵盧 & 城市線，同時增設車站出入口、行人通道、升降機、自動扶梯及售票大廳，方便旅客進入車站月台，將旅客在地鐵車站逃生時間，從目前 10 分鐘縮短為 6 分鐘，以符合倫敦地鐵消防規定。

倫敦地鐵委託莫特麥克唐納顧問執行該站之設計及施工監造工作，其中最大之挑戰為該站上方及鄰近之主要建築物均屬英國倫敦市法定之歷史性古蹟，依法必須加以

保護及保存，故在施工上有其一定程度之執行困難。此外，因該站已有近 150 年之歷史，鄰近附近之地下管線更是錯綜複雜，因此在執行上，該公司採用商用應用軟體，初步評估隧道之興建方式，同時以 3D 軟體繪製設備位置圖，降低施工中可能造成之風險，如圖 3.28 銀行車站擴建更新示意圖。

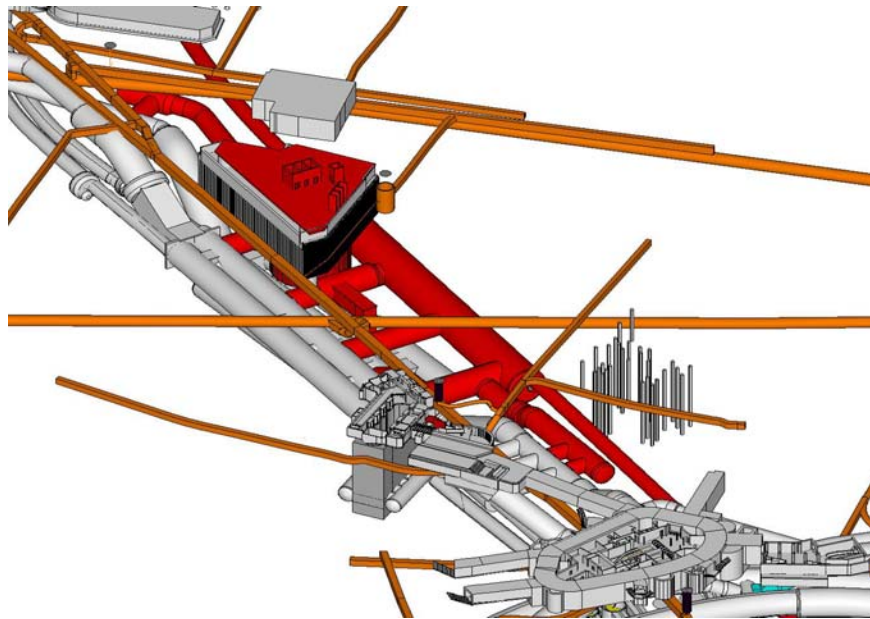


圖 3.28 銀行車站擴建更新示意圖

3.3 自然歷史博物館-達爾文中心

(The Natural History Museum-The Darwin Centre)

11 月 12 日(星期五)參訪達爾文中心，該中心緊鄰自然歷史博物館，屬於博物館擴建的建物，自然歷史博物館由利物浦建築師 Alfred Waterhouse 設計，採用德國羅馬式風格，是屬於一座歷史性之建築物，而達爾文中心由丹麥國際知名建築師建築師 CF Møller 設計，採用現代化創新的標誌性建築，如圖 3.29 達爾文中心和自然歷史博物館。



圖 3.29 達爾文中心（左）和自然歷史博物館（右）

達爾文中心由鋼骨結構和透明玻璃，保護宏偉的繭結構的建築，新達爾文中心毗鄰歷史悠久的自然歷史博物館。很顯然，如何在既有維多利亞沃特豪斯（Waterhouse）建築的博物館旁，矗立一處不同以往的現代化創新建築物，曾經歷一段時間的討論。建築的特色有：

- 8 層高的繭採用噴射混凝土。
- 表面 3500 平方米的繭是以手工打磨成品的石膏被覆。
- 中庭的石材地板採用英國波特蘭天然石灰石。
- 該建築採用可持續性使用的高標準設計，包括建築保溫和創新的照明系統，以節省能源。
- 採用西向立面的採光，經投影到繭產生的陰影，突出繭建築的曲線風格。
- 為保存展物品恒溫恒溼及嚴格保全的要求，中心建築配置，將文物放置在最內圍，然後是工作人員，參觀旅客在最外圍，依此方式配置來避免最內層之文物保存區域，因進出造成環境變化所可能損害之風險。

達爾文中心從西元 2006 年 6 月開始建造，並在 2008 年 9 月 15 日開幕，建造費用約 4200 萬英鎊。如圖 3.30 達爾文中心繭建築。



圖 3.30 達爾文中心繭建築

達爾文中心屬於自然史博物館展覽的橙色區，由博物館主館的中央大廳入口進入，經過生命館陳列巨大的恐龍骨架，通過地球館陳列地球展望區，如圖 3.31 地球館地球展望區。



圖 3.31 地球館地球展望區

進入達爾文中心一樓的歡迎台和接待區，如圖 3.32 達爾文中心接待區。



圖 3.32 達爾文中心接待區

達爾文中心的館藏擁有超過 17 萬昆蟲和 3 萬植物的標本，是世界上最重要的昆蟲和植物收藏，同時包括展覽場地、演講廳和科學研究中心。以下說明達爾文中心採用的節能減碳設施。

1、建築自然採光

建築物外牆採用鋼骨結構和雙層透明玻璃可以自然採光，同時保持室內溫度，如圖 3.33 建築自然採光。

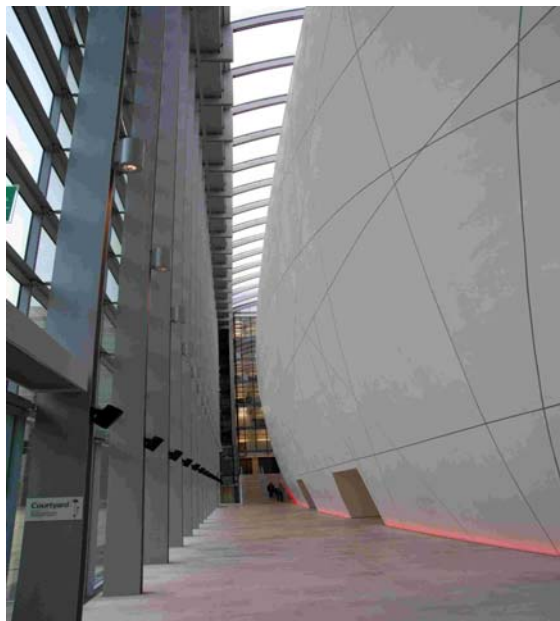


圖 3.33 建築自然採光

2、建築屋頂採用 ETFE 氣枕

ETFE 透明薄膜是一種輕質的乙烯-四氟乙烯共聚物(Ethylene Tetrafluoroethylene)為熱可塑性氟素樹脂的一種，是極佳的電氣絕緣材料，有非常低的介電常數。具有耐燃性、耐熱性佳、抗化學性、低摩擦、低非黏性、機械強度高，耐候性極佳。建築屋頂採用 ETFE 可長時間直接曝露於陽光、雨水或廢氣並不會損耗或變形。ETFE 膜具有透光和防火的功能，它不會像玻璃那樣容易碎，也不像其它聚合材料那樣容易脫落。這是因為它是非粘性的膜，雨水可以衝洗它上面的灰塵和污垢，具有極佳之自清潔性。然而，它又非常結實，足可以承載一輛汽車的重量。如果出現損壞，還能相對容易地修復它，如圖 3.34 屋頂 ETFE 氣枕。

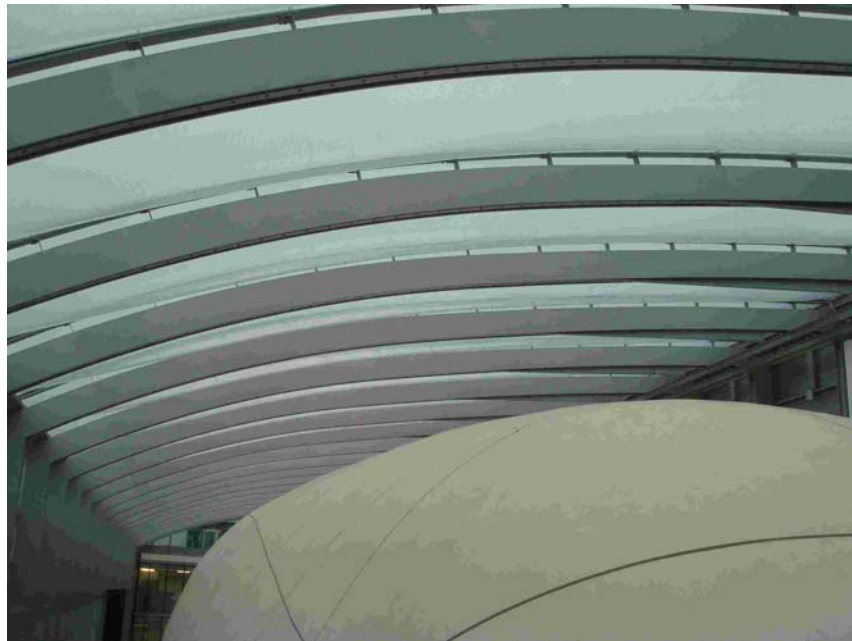


圖 3.34 屋頂 ETFE 氣枕

目前採用 ETFE 氣枕最典型的建築，就是中國大陸在北京奧運會的水立方建築。國內花博新生館之屋頂也是採用此材質，是屬於近年來較常使用之建築環保材質之一。ETFE 材質，在英國已使用多年，包括於鐵路車站對大空間的屋頂，就已經採用 ETFE 氣枕，如曼徹斯特的鐵路車站大廳屋頂。由 ETFE 氣囊所構成的外皮，能提供建築絕佳的隔熱性能與產生室內溫室效應，ETFE 是一種塑料，它本

身是不可燃的，而且 ETFE 材料組成的薄膜非常薄，ETFE 材料的熔點大約是攝氏 270 度。這種材料既不屬於可燃物，也不是非可燃物，它的性質介於兩者之間。對於大型空間而言，這種材料被用來建造頂棚時，如果在頂棚處發生火災，ETFE 材料會熔化，原有頂棚就會消失，建築就會變為無頂的開放式空間，煙氣會隨之排放出去，整個空間就會變得更為安全。不過，ETFE 氣膜的缺點是容易被割破，而且隔音效果較差，因此建築師不會將它用於近地位置的建築上，同時 ETFE 氣膜容易局部修補處理，修補後看不出修補痕跡。近年來之實驗顯示，增加氣枕中的膜層數，將可有效增加氣枕之隔音效果。

3、親善的無障礙空間和投影燈光利用

達爾文中心在蘭建築的內部，遊客必須搭電梯到 7 樓，開始往下行走的展示區步道，採用傾斜的平面無障礙通道，不僅容易引導參觀方向，同時方便失能人士的使用，如圖 3.35 無障礙通道。



圖 3.35 無障礙通道

蘭內沿著蜿蜒緩坡走道上的混凝土牆，提供牆面投影，增加參展的多元化氣氛，投影區又可以減少室內燈光的配置。

4、恆溫恆溼空調

採用複合式熱電空調主機系統（CHP），夏天季節降溫除溼，冬天季節加溼通風，維持繭室內攝氏溫度 17℃，相對溼度 45% 的恒溫恒溼環境，如圖 3.36 恒溫恒溼空調。



圖 3.36 恒溫恒溼空調

5、節能減碳-NaturePlus 卡



達爾文中心展覽區不提供介紹任何參展品的紙本，所有參展物品的介紹和資源，全部使用一張免費服務遊客的參觀紀錄-NaturePlus 卡。在達爾文中心歡迎台和接待區，參觀者可以拿到一張 NaturePlus 卡，每張卡片有獨一的掃描條碼和卡片號碼。參觀者可以到展觀區選定參展品的文字或圖片訊息後，利用卡片儲存後，回家

進入達爾文中心網站，線上觀看展品資料儲存紀錄，如圖 3.37 導覽展示品觸控螢幕。



圖 3.37 導覽展示品觸控螢幕

NaturePlus 卡的使用步驟（如圖 3.38 導覽展示品機組）：

- （1） 到服務台領取 NaturePlus。
- （2） 使用觸控螢幕去點選尋找需要的圖片和資料。
- （3） 觸壓螢幕上和 NaturePlus 卡一樣的蝴蝶標誌（ $+$ ）。
- （4） 觸壓螢幕顯示的文字或圖片，開始收集需要的相關資料。
- （5） 收集資料完成後，按 OK。
- （6） 利用現場提供的掃描機，將剛剛儲存的收集資料，掃描到你的 NaturePlus 卡條碼。
- （7） 旅客回家後，登入 NaturePlus 網站（www.nhm.ac.uk/natureplus），登入你的 NaturePlus 卡號碼，繼續你的研究和探索。



圖 3.38 導覽展示品機組

旅客在家裡可以方便且更詳細的觀看到博物館的標本，加深個人的知識和印象。

NaturePlus 網站同時提供社團討論平台，可以彼此交換意見和問題解答。

3.4 倫敦交通博物館（London Transport Museum）

11 月 13 日(星期六)參訪英國倫敦交通博物館（London Transport Museum），博物館位於倫敦柯芬園（Covent Garden），柯芬園的名稱源自當地在 12 世紀時為西敏寺修道院（Covent）和菜園（Garden）的合稱，於 17 世紀成為果菜市場，隨著都市開發市場異地，該市場在西元 1971 年遷出，此區搖身一變成為購物、觀賞戲劇的重鎮。到柯芬園參觀交通博物館，最方便的交通工具就是搭乘倫敦地鐵，出入柯芬園地鐵站時，自動驗票閘門採用醒目的獅子王造型，特別吸引旅客注意，由於當地萊塞姆歌劇院（Lyceum Theatre），目前經年上演迪斯尼獅子王（The Lion King）歌劇版，將歌劇院表演節目結合車站的自動驗票閘門造型，不僅增添車站藝術氣息，同時達到歌劇院廣告節目效果，如圖 3.39 柯芬園地鐵站驗票閘門。



圖 3.39 柯芬園地鐵站驗票閘門

柯芬園地鐵站外 James St. 街道上有許多街頭藝人，其中以二位年輕人利用倒立的塑膠水桶，表演打擊音樂，吸引許多路人駐足圍觀，如圖 3.40 街頭藝人。



圖 3.40 街頭藝人

建於柯芬園中央四角廣場昔日被稱為 Piazza 的玻璃帷幕屋頂建物，現今稱為阿普魯市場（Apple Market）的購物中心，內有許多家商店、咖啡座等，建築物以鋼骨結構組成，採用透明玻璃屋頂，簍空屋簷空隙，充份利用自然採光和通風，如圖 3.41 阿普魯市場。

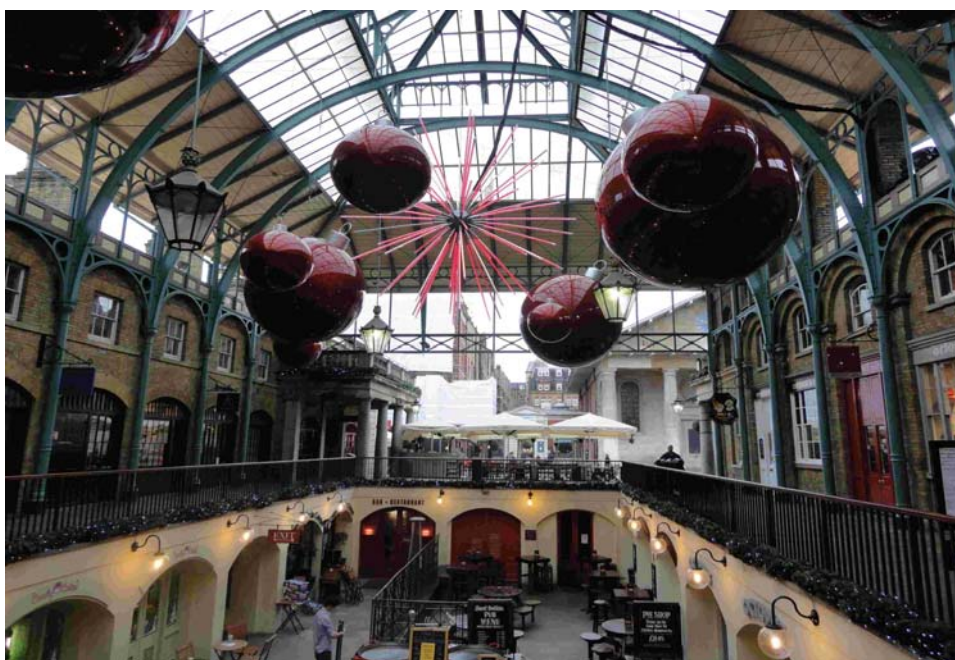


圖 3.41 阿普魯市場

倫敦交通博物館位於柯芬園東側花園廣場，該廣場鋪設鵝卵石地坪，原為柯芬園的一部分，西元 1871 年經威廉羅傑斯設計為一個專門的花卉市場，販賣蔬菜、水果和花卉，後來該市場在 1971 年遷出，於 1980 年建築了倫敦交通博物館，隸屬倫敦交通局，該館曾在 2005 年 9 月 4 日關閉，由布賴恩埃弗里 的 Avery Associates 建築師，以約 2000 萬英鎊重新翻新設計，擴大收集範圍包括倫敦交通局負責管理所有形式的公共交通工具，包括馬車、電車、巴士等鐵路車輛、路線、車站及旅運服務實物，並且增加教育宣導設施。博物館重新開放在 2007 年 11 月 22 日開放。進入博物館參觀必須購買門票，成人 13.5 英鎊，優惠者（適用者老人、學生）10 英鎊。對於購買門票的外國旅客，可以從購買日期後，1 年內，憑外國護照無限次使用，如圖 3.42 倫敦交通博物館。



圖 3.42 倫敦交通博物館

從倫敦交通博物館內摘述幾項代表性以及鐵路改建有關的歷史文物。

1、倫敦鐵路

倫敦早期已經是一個交通緊湊的城市，大多數人的利用步行，因此街道上經常擠滿了行人，只有少數人能夠以馬車為交通工具，如圖 3.43 步行馬車。



圖 3.43 步行馬車

世界上第一條公共鐵路，開通於西元 1803 年在倫敦附近的馬拉貨物線（horse-drawn goods line），五年後，理查德特里維西克（Richard Trevithick）在軌道上展示了蒸汽機車，當時雖然沒有人支持他的想法，但是後來發展到可以利用蒸汽火車運輸煤炭。西元 1825 年，當斯托克頓和達林頓鐵路（the Stockton & Darlington Railway）開通時，鐵路就可以同時搭載旅客。西元 1830 年，由工程師喬治斯蒂芬森（George Stephenson），興建一條從利物浦到曼徹斯特的城際客運專線鐵路通車，是首次啓用的城際客運專線。

2、世界第一條地下鐵路

英國主要鐵路讓很多人容易進入倫敦，但也造成街道日益的擁塞。西元 1860 年開始採用地下鐵路解決問題，世界第一條地下鐵路-大都會鐵路（The Metropolitan Railway）設計由倫敦連接三個主要城市的地下鐵路，採用明挖覆蓋（cut-and-cover）工法。第一階段在 1863 年 1 月 10 日從帕丁頓通車到法靈頓，五年後第二條地下鐵路也啓用通車，1884 年建立一條環狀地下鐵路。早期地下鐵路是解決交通擁塞問題非常有用的工程建設，但是有一個很大缺點，利用燃煤的蒸汽機車，會在車站及隧道上產生永久性的硫磺化學污染，如圖 3.44 燃煤的蒸汽機車。



圖 3.44 燃煤的蒸汽機車

大都會鐵路發生爆炸事故後，從西元 1860 年迄今唯一倖存的蒸汽機車，在博物館展出，如圖 3.45 地鐵鐵路爆炸模型。



圖 3.45 地鐵鐵路爆炸模型

3、倫敦代表性標誌

黑色計程車和紅色雙層巴士是倫敦的早期主要交通工具，迄今倫敦主要交通工具的指標，都以它為主要意象符號。行駛於倫敦市區的計程車當中以古典造型的「奧斯汀」最具特色，由於車身為黑色，因此又有 Black Cab（黑色計程車）之稱，如圖 3.46 黑色計程車。



圖 3.46 黑色計程車

倫敦公車路線多達 700 多線，行駛於市區的雙層紅色巴士（Double Deck Bus）是主要的公車，鮮豔無比的车身穿梭市區，增加市區多彩多姿的氣息，如圖 3.47 雙層紅色公車。



圖 3.47 雙層紅色公車

倫敦 12 條貫穿市區的地鐵路線分別以不同顏色區分，極易分辨，乘客可以在車站售票口處，索取口袋型大小的地鐵路線圖（Tube Map），內有明顯標示月台方向，相同路線的行車方向都以東行（Eastbound）、西行（Wastbound）等方位標示。地鐵車站入口處都有地鐵標誌，如圖 3.48 地鐵車站標誌。



圖 3.48 地鐵車站標誌

步行在倫敦地鐵車站或通道時，在一定距離的牆面上，會有一個大型白色的圓盤。該圓盤稱為求救點（Help Point），面板上提供消防緊急按鈕、緊急求救按鈕及有線服務對講機功能，結合消防和旅運服務設施為一體的設備，如圖 3.49 旅運服務設施。



圖 3.49 旅運服務設施

4、模擬再生電軔遊戲機

都會區的火車，為了方便乘客使用，鐵路車站的站間距離會較郊區短，同時載客量也會較多，因此火車在都會區，常常會進行短距離剎車，倫敦新的地面鐵路火車，已經採用再生電軔，節省供電系統能源的消耗，減少二氧化碳的排放。傳統的火車剎車時產生熱能無法回收利用，浪費一些供電能源，車輛使用再生電軔，利用剎車旋轉電動馬達反轉的能量，經由閘流體變流器，回送電車供電系統，依據英國經驗，再生電軔回饋電力可以節省 10~20% 的能源消耗。博物館內展示一台模擬再生電軔遊戲機，旅客可以實際操作遊戲機上的馬達運轉時，採用傳統的火車剎車和再生電軔剎車時，從儀錶板上的電流表，可以清楚的看出剎車時，二者不同消耗能源的表現，如圖 3.50 模擬再生電軔遊戲機（正面）。

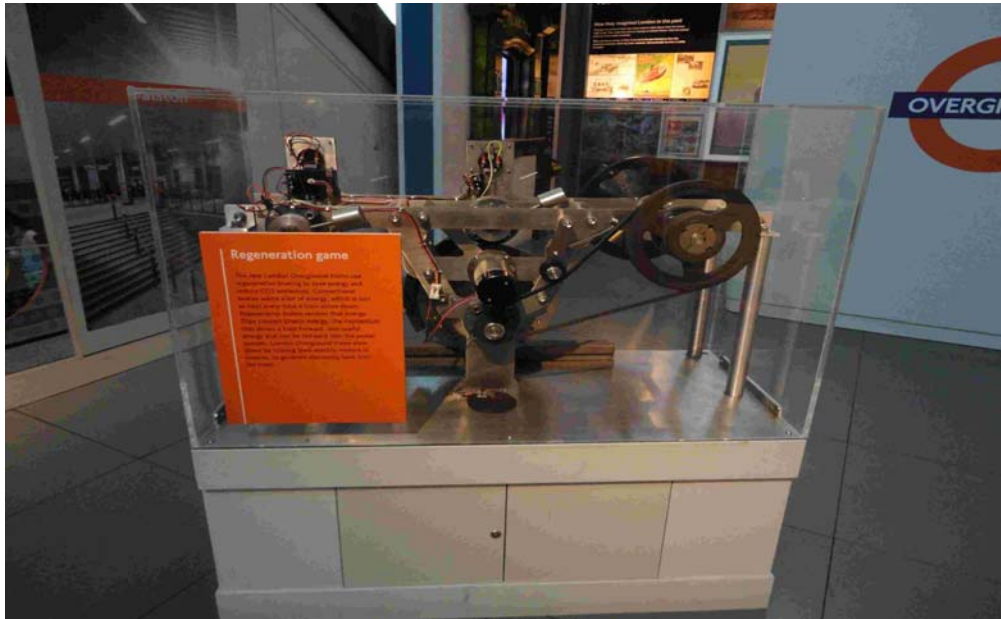


圖 3.50 模擬再生電軔遊戲機（正面）

面對模擬再生電軔遊戲機的背面，旅客旋轉左邊一個手動轉輪模擬火車行駛時，採用中間的搖桿制車，模擬傳統的火車制車；再重新旋轉左邊轉輪，模擬火車行駛，採用右邊的搖桿模擬再生電軔制車後，可以從儀錶板上的電流表，發現只有再生電軔才會產生回饋電源，如圖 3.51 模擬再生電軔遊戲機（背面）。



圖 3.51 模擬再生電軔遊戲機（背面）

根據英國倫敦交通局估算，在地鐵使用新的列車再生電軔的維多利亞線（Victoria）、

圓線（Circle），區域線（District），哈默史密斯及城市線（Hammersmith & City）和大都會線（Metropolitan），每年可減少大約 17,000 噸的二氧化碳排放，每年為財政節省約 200 萬英鎊。

台鐵局於 2002 年採購 EMU600 型電聯車總計 56 輛加入營運，為台鐵局首次採用電軔再生之車種，其具有將制軔時之動能轉換為電能回饋至電車線的功能，具有節省閘瓦接觸磨擦消耗與能源再利用之效益，如表 3.02 台鐵局各型電力機車之性能表。

表 3.2 台鐵局各型電力機車之性能表

車 型	電機 型式	二次側 電壓	整流器			電軔 模式	變流器 半導體 種類	備註
			模式	半導體 種類	切換頻率			
電力機車	E100 型機車	直流	1070	半控	閘流體	60 Hz	NA	第一代
	E200 型機車	直流	680	半控	閘流體	60 Hz	NA	第一代
	E300 型機車	直流	680	半控	閘流體	60 Hz	NA	第一代
	E400 型機車	直流	680	半控	閘流體	60 Hz	NA	第一代
	P-P E1000 型	交流	925	半控	閘流體	60 Hz	電阻	GTO 第二代
電聯車組	EMU100 型	直流	725	半控	閘流體	60 Hz	電阻	第一代
	EMU200 型	直流	725	半控	閘流體	60 Hz	電阻	第一代
	EMU300 型	直流	725	半控	閘流體	60 Hz	電阻	第一代
	EMU400 型	直流	753	半控	閘流體	60 Hz	電阻	第一代
	EMU500 型	交流	1700	半控	閘流體	60 Hz	電阻	GTO 第二代
	EMU600 型	交流	1040	四象限轉換器	IGBT	540 Hz	再生回授	IGBT 第三代
	EMU700 型	交流	1500	四象限轉換器	IGBT	540 Hz	再生回授	IGBT 第三代
	T EMU1000 型	交流	940	四象限轉換器	IGBT	1020 Hz	再生回授	IGBT 第三代

3.5 倫敦三廠島（Three Mills Island）生態更新

11 月 14 日(星期日)參訪倫敦三廠島（Three Mills Island，以下簡稱 TMI 島）前，透過倫敦當地的專業導遊公司網站（www.toursof2012sites.com）報名個人組導覽，參加費用每人 9 英鎊，集合地點在 Bromley-by-Bow 地鐵站，由導遊人員在集合地點召集報名人

員，同時收取導遊費用後，帶隊步行前往 TMI 島，導遊人員都是經過專業培訓，並通過嚴格的考試後授予藍色導旅標章，才能執行合法保險的導遊工作，如圖 3.52 藍色導旅標章。



圖 3.52 藍色導旅標章

這次參訪搭乘倫敦地鐵 District 線到 Bromley-by-Bow 地鐵站下車，該車站類似台鐵的簡易車站，只有基本的旅運服務設施，如圖 3.53 Bromley-by-Bow 地鐵站。



圖 3.53 Bromley-by-Bow 地鐵站

從地鐵車站步行到 TMI 島大約有 15 分鐘的路程，路途中經過麥當勞速食店，店的正門採用手動兼自動的門扇，同時讓用餐的一般客戶或失能障礙人士使用，符合目前國內在公共場所推動的通用設計，如圖 3.54 手動兼自動的門扇。

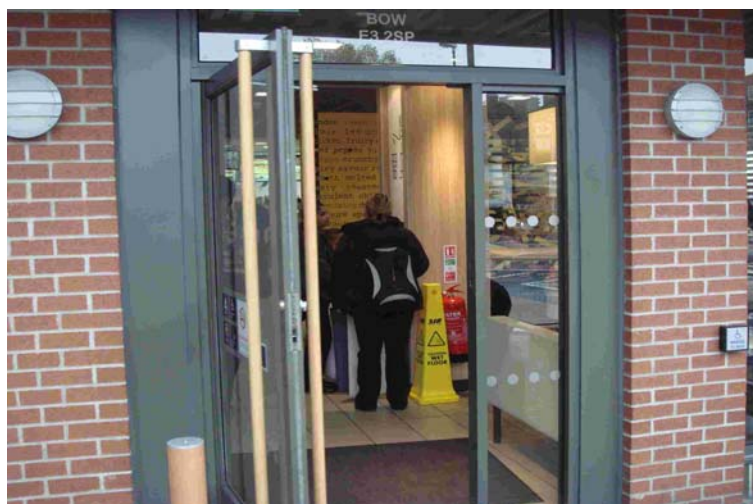


圖 3.54 手動兼自動的門扇

失能障礙人士進出大門前，可以使用大門外側的手動開關，自動啓開門扇，如圖 3.55 大門手動開關，大門採用油壓式設計，因此門扇啓閉的速度不會太快。



圖 3.55 大門手動開關

沿途經過矗立在路旁，高聳的廣告招牌，結合加油站和賣場的物品（包括藥品、衣飾、麵包、熟菜、水果及蔬菜等）訊息，如圖 3.56 廣告招牌，無鉛汽油每公升 117.9 便士（約新台幣 60 元），柴油每公升 121.9 便士（約新台幣 61 元），當地雖屬於倫敦近郊，但是油品的價格確比台灣目前一公升新台幣 30~33 元貴許多。曾經有人戲稱，目前一公升

的汽油比一公升的牛奶便宜的，只有在台灣找得到。



圖 3.56 廣告招牌

到達 TMI 島後，由導遊進行建築物歷史背景介紹，如圖 3.57 三廠島。



圖 3.57 三廠島

該島四面環河，是倫敦最古老倖存的工業中心，17 世紀是一處用磨穀物來提煉酒精的工廠，二次世界大戰曾遭受空襲破壞，重建後現在存有潮汐研磨工廠和 3Mills Studios，是倫敦最大的電影和電視演播室，目前濱江綠化非常適合休閒，如圖 3.58 濱江綠化。



圖 3.58 濱江綠化

2004 年 8 月，由倫敦發展署（LDA）收購 3 Mills 影城，在 2010 年轉讓所有權給與奧林匹克公園遺產公司。該公司在 2012 年倫敦奧運會後，負責遺產組織規劃、發展和管理奧林匹克公園，TMI 島腹地綠化，會一直持續下去，如圖 3.59 腹地綠化。



圖 3.59 腹地綠化

參訪 TMI 島回程路線，為了解更多倫敦鐵路車路的營運設施，我們步行到臨近的輕軌車站搭車，路途上剛好遇上公路維修單位，利用例假日，封閉局部道路，進行路面整修及人行道更新工程，如圖 3.60 整修車道。



圖 3.60 整修車道

工程單位進行柏油路面整修時，利用線尺量測柏油路面鋪設高度，以維持路面的平整度。新設人行道路面植筋後，尚未完成混凝土灌漿前，工程單位利用具有黃色螢光效果的保護套，套住凸出路面的鋼筋，以提醒行人注意並保護行人的安全，如圖 3.61 凸出路面鋼筋防護。



圖 3.61 凸出路面鋼筋防護

臨近 TMI 島最近的輕軌車站是 DLR 輕軌線的 Devons Road 車站，該車站是一處簡易式的地面車站，站外肅立一個顯目的站名招牌，出入車站提供簡易的階梯和無障礙坡道，輕

軌車站由 DLR 客運公司負責營運，每 6~10 分鐘一班列車停靠，乘客如果持用地鐵車站使用的 Oyster 卡，刷卡搭乘，還可以折扣車費，如圖 3.62 Devons Road 車站出入口。



圖 3.62 Devons Road 車站出入口

車站月台雨底採用 P 型結構支撐和透光屋頂，雨天可以防止雨水滲入月台通道，白天不必使用燈具照明，可以節省車站用電，如圖 3.63 Devons Road 車站月台。



圖 3.63 Devons Road 車站月台

為提供乘車旅客候車服務設施，在車站月台有限的寬度內，利用雨底鋼柱間的空隙，設置候車座椅，不僅未防礙行人通道，溶入建築造型，增加車站的美觀，如圖 3.64 候車座椅。



圖 3.64 候車座椅

輕軌列車到達 Stratford 站，下車後可以轉乘地鐵，Stratford 車站有輕軌/地鐵/鐵路同時通過，具有轉運功能的車站，車站月台雨底採用菱型結構支撐和透光屋頂，同樣具有節省車站照明用電的功能，如圖 3.65 Stratford 車站透光屋頂。



圖 3.65 Stratford 車站透光屋頂

Stratford 站站外設置有租用自行車停放區，方便乘客利用自行車在市區代步，減少使用大眾交通工具，租用自行車採用投幣式，可以異地返車，由於租用車輛有統一的顏色、規格和編號，很容易辨識租用車或自用車，不容易產生租用後不被還返的現象，如圖 3.66

租用自行車停放區。



圖 3.66 租用自行車停放區

3.6 曼徹斯特司法大樓（Manchester Civil Justice Centre）

11 月 15 日(星期一)從倫敦優士頓（Euston）火車站搭乘早班的火車前往曼徹斯特（Manchester）。其主要之對外聯繫鐵路共有兩個大車站，其中來自利物浦、約克等北部區域之列車，停靠曼徹斯特-維多利亞(Victoria)車站，來自倫敦等南部區域之列車，則停靠曼徹斯特--皮卡地里（Piccadilly）車站，從倫敦優士頓到達曼徹斯特-皮卡地里（Piccadilly）車站的車程約 2 小時 30 分鐘。

曼徹斯特位於英國的中部，為英國之第三大城，僅次於倫敦及伯明罕，降雨量較多，擁有豐富的煤礦，早期是一個工業都市，目前已經成為音樂、文化、運動等兼具的多元城市。皮卡地里車站斥資約 4500 萬英鎊於 2002 年完成重建，設計時採用環保、節能及以人為本等理念，設計者為此獲得許多獎項。曼城 Piccadilly 火車站建成後，2002 年英國女王曾經親臨，為曼城舉辦的“英聯邦運動會”提供了前所未有的良好交通條件。列

車停靠的月台，係一個大型挑高、鋼骨結構的廠棚，採用透光的頂棚，由頂棚結構延伸而下，密佈許多鋼管支撐，其中架設電車線支撐和月台照明，溶合建築美觀和使用需求，由於屋頂的自然採光，月台上使用動重點式的局部照明，架設置臨在進入車站，如圖 3.67 曼城 Piccadilly 火車站。



圖 3.67 曼城 Piccadilly 火車站

月台緊臨車站大廳，車站大廳屋頂採用 ETFE 透明薄膜，屋頂上預留幾個排氣通風窗，可以提供車站自然通風需求，如圖 3.68 車站大廳 ETFE 薄膜透光屋頂。



圖 3.68 車站大廳 ETFE 薄膜透光屋頂

進出車站大樓的門廳設置一個緩衝區，由二道自動玻璃門組成，除了提供管制監視進出

車站的旅客使用，同時有效隔離室內和室外溫差，避免室內能源的流失，如圖 3.69 車站大樓門廳。



圖 3.69 車站大樓門廳

皮卡地里（Piccadilly）車站外牆採用玻璃帷幕，鋼骨結構搭配透光玻璃，利用自然光線，明亮的襯托出車站建築造型，如圖 3.70 車站玻璃帷幕外牆。



圖 3.70 車站玻璃帷幕外牆

從皮卡地里（Piccadilly）車站步行到司法大樓，大約有 30 分鐘的路程，剛好可以瀏覽曼城的沿途交通設施，曼城的平面輕軌電車非常方便，一般路線的電車軌道和公路併用，只有在特殊區域，如行人徒步區，設置電車專用路線和電車停靠站，如圖 3.71 電車停靠

月台。



圖 3.71 電車停靠月台

一般輕軌電車只摘掛 2 節車箱，因此電車停靠站需要的月台長度不長，停靠站月台採用開放式，只設置一處簡易式的候車雨底，類似台灣的公車專用道上的候車亭，月台通道設置一般乘客上下月台的階梯，同時設置斜坡道，提供失能障礙人士使用。曼城的公車候車亭配合道路線型，設計的非常實用又有建築藝術效果，如圖 3.72 公車候車亭。



圖 3.72 公車候車亭

在公路曲線上，設計菱型候車亭，可以提供車輛停靠的足夠空間，結合菱型屋頂搭配透光的玻璃，看起來是一個既實用又有藝術造型的建築。

曼徹斯特司法大樓（Manchester Civil Justice Centre 以下簡稱:MCJC）是一棟民事審判法院，大樓內主要用途有 47 個民事法庭、等待區、法律顧問室、職員辦公室和停車場，總建築面積約 28000 平方公尺，造價約 113 萬英鎊(約新台幣 5650 百萬元)。西元 2002 年，大樓採用建築師 Denton Corker Marshall 的建築競圖，由英商莫特麥克唐納顧問公司負責工程技術，從 2004 年開始施工，直到 2007 年完工啓用。當初建築師的設計理念包括：

- 興建一棟代表市民崇高理念和歐洲標誌的永續建築
- 採用自然通風、自然採光，維持聚集室內溫度
- 提供法庭和顧問房間隱密的隔音效果

大樓實施高度保全措施，進入大樓前必須通過類似機場通關的人身檢查，不能攜帶攝影器材，本次參訪透過莫特麥克唐納顧問公司的協助，得以在管制區內作局部攝影，司法大樓是由三棟不同造型的結構外牆組成，如圖 3.73 司法大樓建築外觀圖。

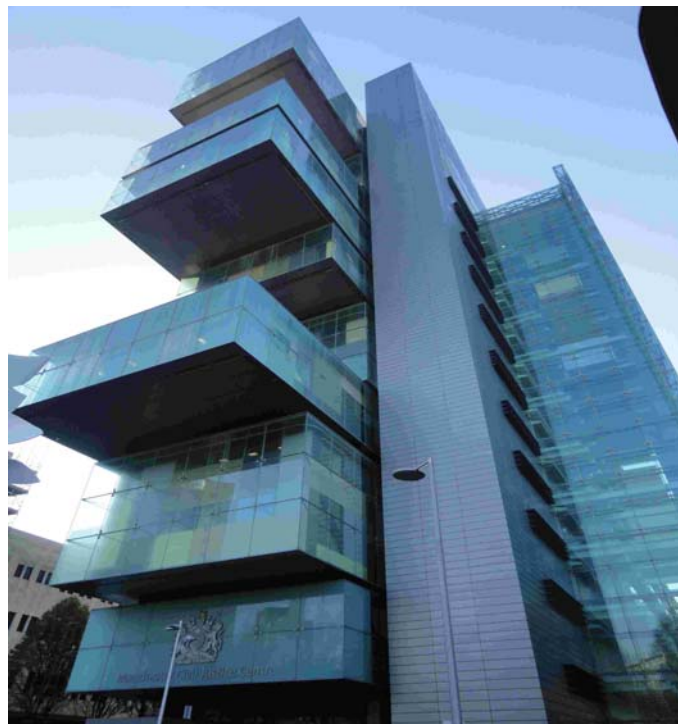


圖 3.73 司法大樓建築外觀圖

大樓的內部隔間，依照三種建築造型，區隔不同的使用空間，如圖 3.74 司法大樓平面圖。

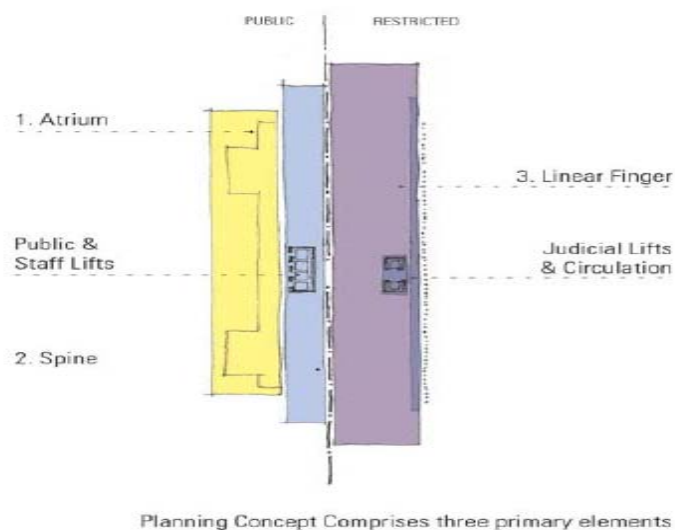


圖 3.74 司法大樓平面圖

圖示的左側(黃色部分)和中間(淺藍色部分)屬於公共區域，1.左側區域設置玻璃大廳、迴轉空間、等待空間和顧問室，2.中間區域設置公眾使用和職員使用的電梯，圖示的右側(紫色部分)規劃隱密空間，3.右側區域設置法庭及職員辦公室，此配置之主要目的，係將一般民眾與代表公權力之法官予以區隔，並透過中央核心公共區域達到共用之目的。建築師為了能在狹長的基地上，利用自然通風及自然採光規劃節能減碳的建築，特別根據建築基地座落的方位，分析基地一年期間的風向，如圖 3.75 基地風向分析圖。

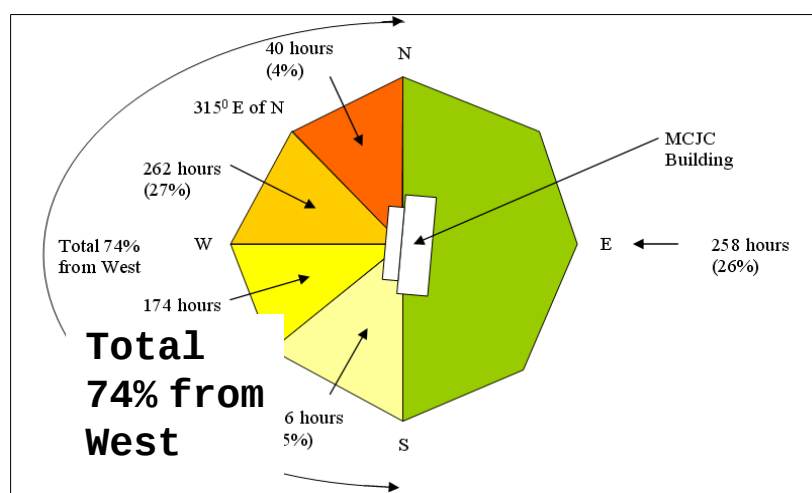


圖 3.75 基地風向分析圖

根據建築基地的座向，大樓全年有 74%吹西風，因此對大樓建築開孔通風原則，採面向

西方開窗，導引氣流由東方的窗戶引出，迎合大樓主要的風向。建築善用自然對流，自然採光，提供大樓冬溫暖夏涼的環境，同時達到節能減碳的目的，如圖 3.76 大樓自然通風及自然採光立面圖。

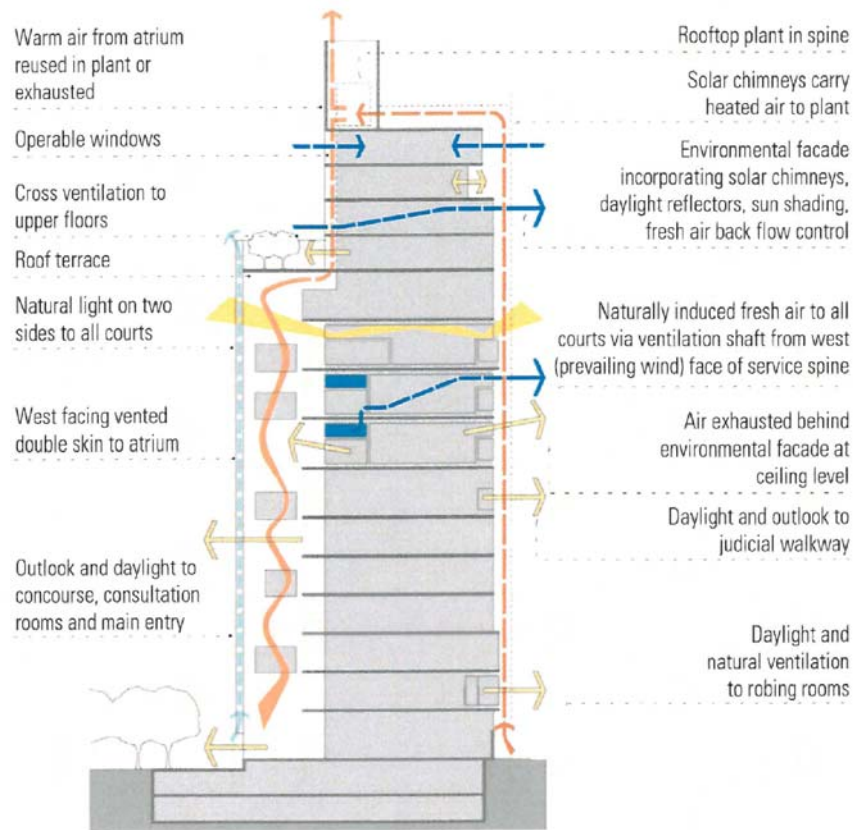


圖 3.76 大樓自然通風及自然採光立面圖

圖示藍色箭頭代表新鮮空氣流通路徑，橙色箭頭代表對流空氣流通路徑，淺黃色箭頭代表室內空氣流通路徑，黃色箭頭代表室內採光路徑。

以下將大樓各區域採用的節能減碳設施說明如下：

1、公眾大廳

公用大廳外牆採用空氣隔離的雙層玻璃，外牆雙層玻璃的底層設置通風孔，外面新鮮的空氣由最低層的大廳走道，流通到屋頂，提供室內和室外最佳的天然溫度屏障，外牆中間層設置維修通道，作為修維大樓外牆雙層玻璃使用，如圖 3.77 大樓大廳外牆。



圖 3.77 大樓大廳外牆

大廳外牆採用空氣隔離的雙層玻璃，不僅提供大廳、通道、及顧問室的採光，同時提供大樓法庭的自然光線。冬天時，由大廳最低層的進入的新鮮冷空氣，經室內較高溫度的空氣混合後，產生熱對流效應，維持室內常溫，最後經由大廳屋頂排出時，可以選擇提供機房預熱或直接排出，如圖 3.78 大樓大廳。

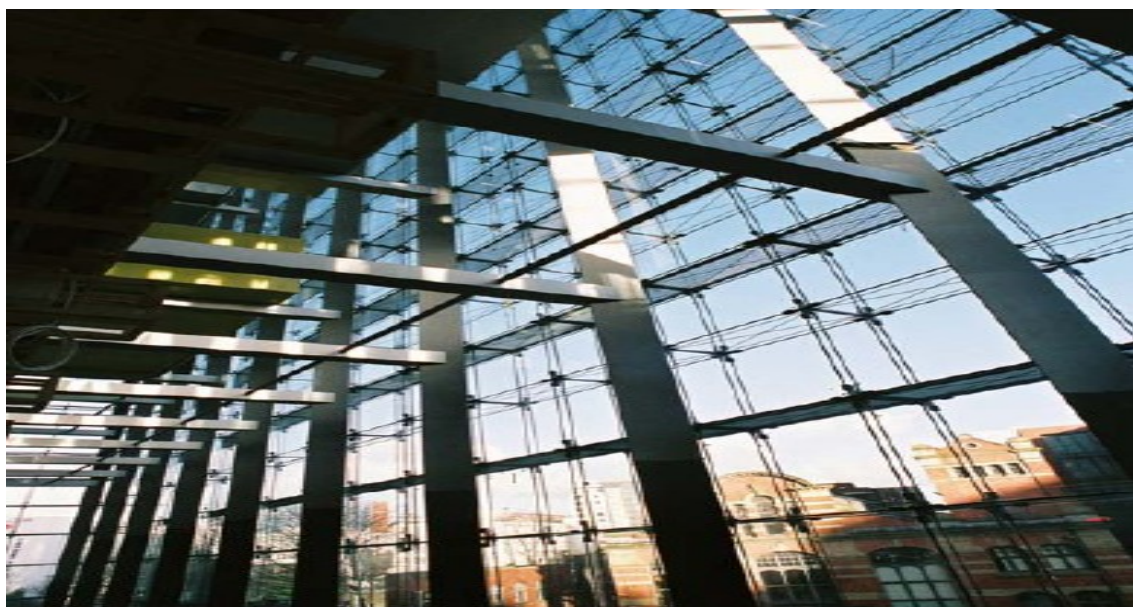


圖 3.78 大樓大廳

2、大樓法庭

大樓法庭主要採用自然通風為主，機械通風為輔，利用冷空氣由下而上，熱氣向上對流原理，達到通風效果，如圖 3.79 大樓法庭通風。

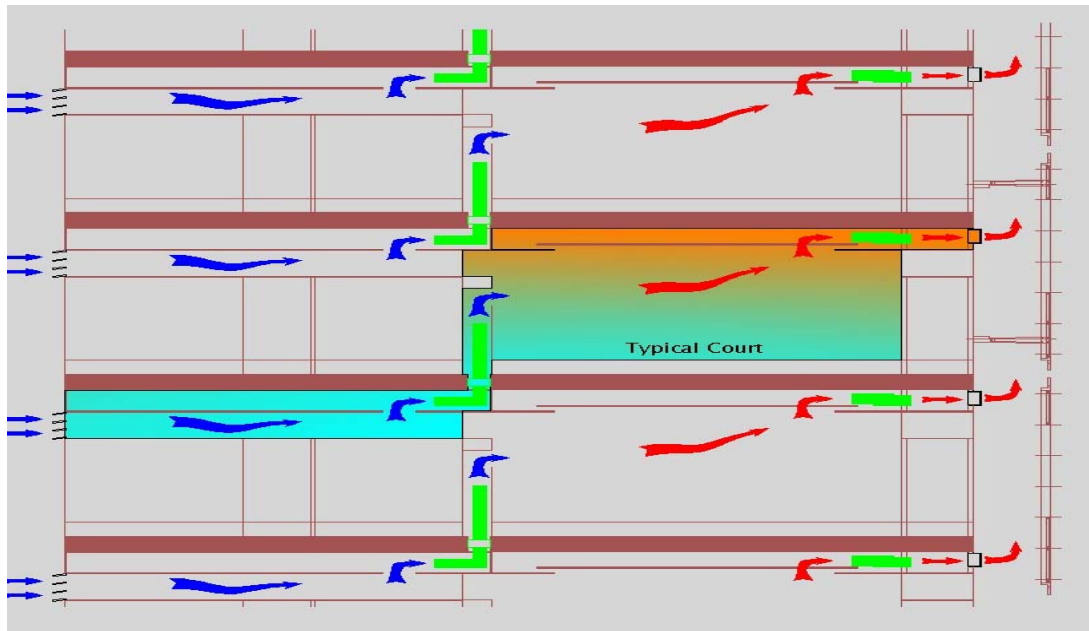


圖 3.79 大樓法庭通風

藍色箭頭代表新鮮空氣流通路徑，紅色箭頭代表對流空氣流通路徑。法庭照明以自然採光為主，重點照明為輔，如圖 3.80 大樓法庭採光。

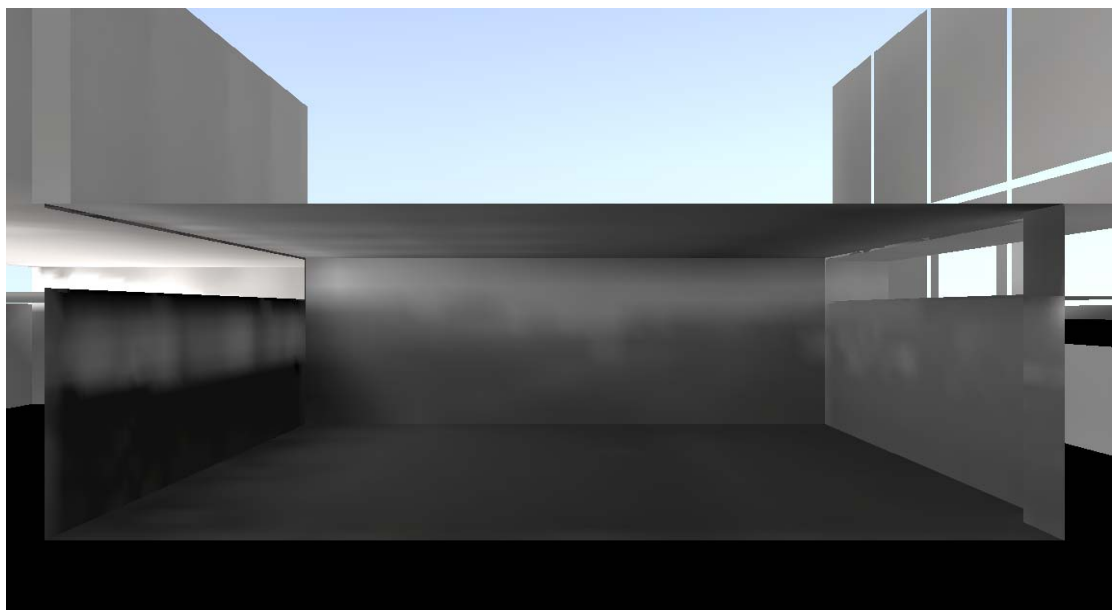


圖 3.80 大樓法庭採光

法庭為維持開庭作業的需求，必須具有隱密和安靜的環境，儘量避免使用機械式的用電器具，以減少噪音，設計時，採用自然通風和自然採光，如圖 3.81 大樓法庭採光和通風。



圖 3.81 大樓法庭採光和通風

圖示上方玻璃窗為自然採光孔，臨其下方的狹長型空隙，是新鮮空氣的入口處。

3、大樓空調主機

大樓空調主機設於屋頂的機械房，提供大樓空調冷氣，使用 R-134a 環保冷媒，提高空調主機冷凍效率(COP)值，如圖 3.82 大樓空調主機。



圖 3.82 大樓空調主機

大樓抽取臨近的 River Irwell 河的地下水，作為主機低溫的冷卻水，經過空調主機冰水循環熱交換後，將較高溫的冷卻水，排放回到 River Irwell 河，如圖 3.83 大樓空調主機抽取冷卻水示意圖。

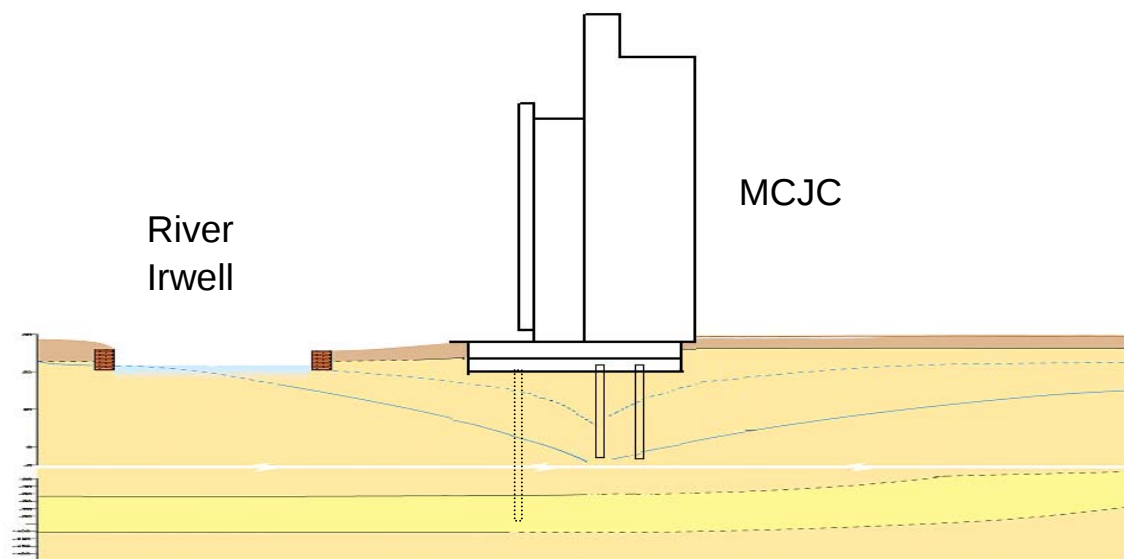


圖 3.83 大樓空調主機抽取冷卻水示意圖

空調主機抽取河水冷卻主機的泵浦，如圖 3.84 河水抽水泵浦。



圖 3.84 河水抽水泵浦

空調主機經循環熱交換後，將較高溫的冷卻水，排放到 River Irwell 河，如圖 3.85 River Irwell 河空調主機冷卻水排放口。

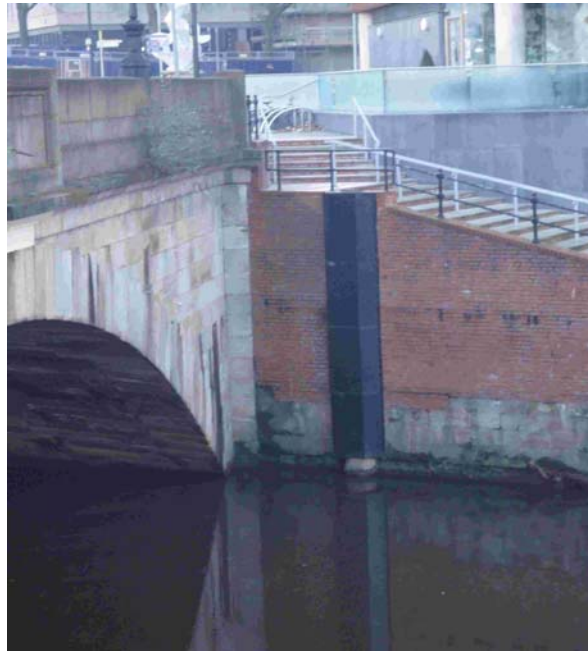


圖 3.85 River Irwell 河空調主機冷卻水排放口

空調主機冷卻水排放到 River Irwell 河，必須經過英國環保單位，檢查認可後，取得為期 6 年的排放許可，業主必須隨時監視冷卻水排放系統，維持系統的正常運作。

MCJC 大樓採用節能減碳措施大致臚列下列幾點:

- 大樓所有的法庭都使用自然通風和自然採光。
- 利用電腦軟體計算大樓的日照量及受風方向。
- 大廳外牆採用空氣隔離的雙層玻璃，提高大樓隔熱及保溫效果。
- 冬天時，大廳利用挑高開放空間，產生冷熱空氣對流效應，維持室內常溫。
- 夏天時，經由大廳正面迎風的室外空氣，可以冷卻大樓室內高溫。
- 利用建築物地下含水層的地下水，冷卻空調主機。
- 採用高效率的空調主機，改善主機 COP 值。

MCJC 大樓從規劃設計時就導入利用天然資源的理念，簡單的建築配置，讓人很容易了解它，減少許多壓力，大樓每年可以減少 540 噸的碳排放量，比較相同建築大小的空調式辦公大樓，可以節省 20% 的能源消耗，如果以建築大樓使用超過 25 年的生命週期計

算，節能減碳措施可以為大樓節省約 1.8 百萬英磅。

建築大樓獲取英國優良級的” BREEAM” 的規格，相當於國內綠建築之指標等級，榮獲獎項包括:

- Built in Quality Awards - Manchester City Council: Environmentally Sustainable Construction and High-quality construction(永續環境及最高品質建築)
- Constructing Excellence North West Regional Construction Awards 2008: Project of the Year(2008 年最佳計畫)
- RIBA and English Partnerships: Sustainability Award 2008(2008 年永續發展獎)
- ACE: Sustainability Award (ACE 永續發展獎)
- Constructing Excellence Construction Awards: Project of the Year (最佳建設獎之年度最佳計畫)

這次大樓參訪非常感謝莫特麥克唐納工程顧問經理 **Mark Facer** 負責全程參與解說，顧問 **Michael Newman** 負責大樓結構解說，Denton Corker Marshall 建築師事務所的 **Irwin Lopez** 先生負責大樓建築解說，行程提供設計理念和實地參訪，讓我們能深入門禁森嚴的司法大樓，探視 MCJC 大樓的節能減碳設施，離開 MCJC 大樓前，在大廳一樓通道，由本局劉總工程司代表參訪人員，致贈顧問紀念品，如圖 3.86 總工程司致贈顧問紀念品。



圖 3.86 總工程司致贈顧問紀念品

四、英國節能減碳政策及再生能源獎勵措施

英國政府近年來積極推動溫室氣體減量政策，不但沒有影響英國經濟成長，而且所推動的多項跨領域、跨部門氣候政策，都能達到預期目標。英國近年主要氣候變遷政策包括，西元 2007 年所宣佈能源白皮書（Energy White Paper），推動再生運輸燃料義務制度並透過改良運具，提昇能源使用效率，強化再生能源義務機制，並透過優惠電價，研發獎勵。西元 2010 年 3 月發佈氣候變遷法案（Climate Change Bill），英國承諾 2020 年 CO₂排放量較 1990 年的排放基準，減量至少 26%~32%，以及 2050 年前溫室氣體減少至少 80%的目標，同時成立新的「能源氣候變遷部」以因應氣候變遷的議題。

英國政府為因應歐盟2020年20%能源供應需來自再生能源之目標，歐盟責任分配到2020年，英國的再生能源須占總能源供應（電力、熱力及交通運輸）的15%，並且30-35%的電力供給將來自再生能源。但是英國從2010年開始只生產了大約2%的再生能源，雖然海岸邊的風力發電廠與其他大型能源專案會有些貢獻，但是還是無法自給自足。根據官方的估算，英國應再生產8%的再生能源，因此英國在2010年4月1日實施使用再生能源獎勵措施-上網電價（Feed-In Tariffs），預計2011年4月1日繼續推動獎勵措施-再生熱能獎勵（Renewable Heat Incentive）。

由政府跨黨派來鼓勵推動再生能源系統之安裝，透過立法的方式，使用者可由生產的能源獲得資金的補貼，並且保證可能得到比以前更多更快的補償費用。實際上，由於政府在稅率政策收益上減免了所得稅，高所得的人們甚至將可獲得甚至高於每年12%的回饋。英國政府推出的再生能源稅率共分兩類：

1. 運用於電力，在 2010 年 4 月 1 日開始實施的再生能源補助稅率政策(Fit-In Tariffs)。
2. 運用於熱能，將在 2011 年 4 月 1 日實施之再生熱能獎勵政策（Renewable Heat Incentive），從現在開始所安裝的任何合格的系統，都將符合補助規定。

有人將此稅率稱之為清潔能源回饋金（Clean Energy Cashback）。

以上兩類稅率的目的，是要以相當優渥並且以保證金額來支付自行生產再生能源的人，計算的基準是以使用者該年度投資額不少於 8%的利潤計算，且全數收入為免稅。這是

為一般能源使用者所設計，例如住戶與經營生意的人，並有三項主要的好處：

1. 使用者自行生產可以使用於自己產業上的能源，或將剩餘的賣給別人。
2. 使用者減少了向能源供應商購買的能源總量。
3. 使用者可透過稅率政策而有助於達到生產 8%英國能源的目標。

再生能源補助稅率政策規定之最大能源生產量為5MW，政府還是想要將目標加倍，由此可見英國政府是非常支持此政策的，有些大型工廠還是頗為需要政府如此的支持方式，況且在熱能再生的獎勵是沒有上限的。再生能源稅率政策也將所有產業都考慮在內，無論住戶、店家、房東、學校、醫院、療養院、教堂、農場、旅社、店主或任何人都適用，甚至是政府間之各公部門亦都能受惠於稅率政策，使用者必須與供應額外電力的電力公司存在契約關係。

上網電價（Feed-In Tariffs）的作業方式如下：

第一步：在使用者的產業上安裝再生電力系統，例如太陽能電池組件（Solar Photovoltaic (PV) Panels）、風力渦輪機（Wind Turbines）或是水力發電等。

第二步：使用者無須做其他任何事就可獲得下列三項益處（圖3.87上網電價作業圖）：

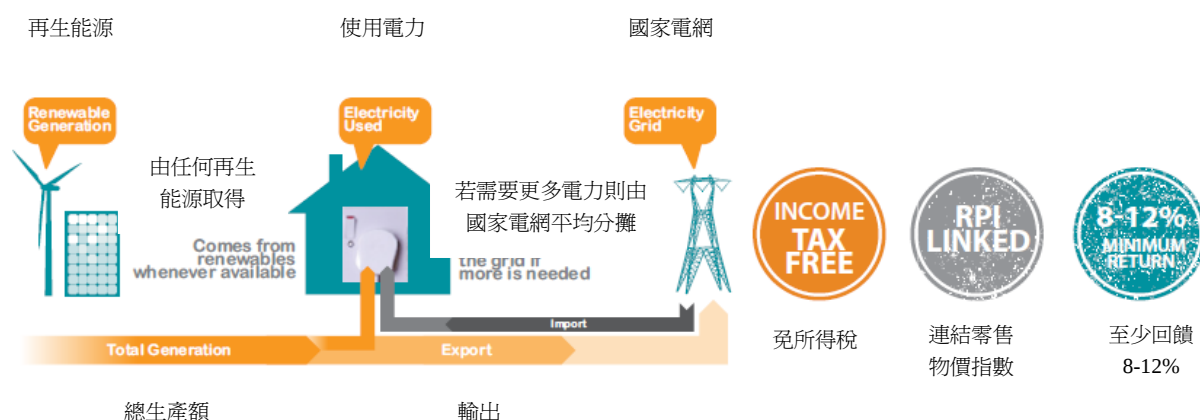


圖3.87 上網電價作業圖

1. 所產出的電力大部分是自用的。
2. 所產出的電力如果使用者自己用不著，將自動輸出到國家的電網中（經由使用

者既有的電纜線)。

3. 使用者有任何需求的電力(例如太陽能電池在晚上不作動時,或所需的電力超過使用者的發電量時),均可自國家電網,將電力自動輸入您的裝備中。

第三步:其費用將以三種方式呈現:

1. 使用者所生產的電力與自己使用的電力均將獲得補償。
2. 使用者將剩餘的電力輸出到國家電網將獲得補償。
3. 使用者必須支付額外輸入電力的費用給您的能源供應者,但使用者的付出應該會小於安裝再生能源系統之前所付出的金額。

再生熱能獎勵(Renewable Heat Incentive)的作業方式如下:

再生熱能獎勵與再生能源補助稅率政策極為相似,僅有一些重要的相異點是許多個體戶經由瓦斯或燃油鍋爐在英國生產他們自己的熱能,換言之,並沒有類似電能的國家熱能網,因此要輸出或輸入熱能幾乎是不可能的,除非使用者正好居住的社區位於具有熱能網路的附近,但這種機會是微乎其微。

第一步:使用者在自家安裝再生熱源裝置,例如太陽能板、熱幫浦或一個生物物質(燃燒木材等)的鍋爐。

第二步:估算自己的再生能源系統可以產生多少熱能。

第三步:以 Office of Gas and Electricity Markets 估算的為基準,使用者可得到一固定金額的款項,但是OFGEM的成立政府尚未找到資金來源。

五、心得及建議事項

英國議會於西元 2007 年 11 月 15 日時，宣佈氣候變遷法案（Climate Change Bill）正式進入立法程序，法案中承諾計劃在 2020 年二氧化碳排放較 1990 年排放基準減量至少 26%，以及 2050 年前減少至少 80%，是全球第一個提出具有法律約束力的中長程減碳目標的國家。英國正逐步以法律政策導向，推動低碳及再生能源的計劃經濟，試圖轉變為低碳的永續經濟體。配合英國政府低碳能源政策，英國軌道運輸，包括輕軌、地鐵到鐵路車站及路線，正在進行車站更新及路線全面電氣化改建，軌道車輛也逐步採用高效率運具。當地公民營建築大樓的設計規劃，也都能配合政府低碳能源獎勵措施，興建許多指標性的綠建築。

5.1 心得

這次考察英國倫敦及曼徹斯特的鐵路車站及一般建築，了解這些車站及建物採用節能減碳及再生能源的手法，同時探討當地再生能源獎勵措施的心得，臚列說明如下，俾提供專案計畫規劃設計參考。

1. 鐵路車站

英國軌道運輸業以民間營運為主，採用節能減碳措施，不但符合社會公益及政府政策，同時節省運輸業者的經營成本，從參訪一些車站的過程中，可以發現這些車站在規劃設計階段，就已經溶入節能減碳理念，各車站採用的節能減碳的措施大致有下列幾項。

➤ 自然採光

這次考察的鐵路車站包括：Hackbridge 鐵路車站、倫敦維多利亞（Victoria）車站、曼徹斯特-皮卡地里（Piccadilly）車站；地鐵車站包括：Bromley-by-Bow 車站；輕軌電車站包括：Devons Road 車站、Stratford 車站等，這些車站站體大部分採用鋼骨結構搭配透光的屋頂及側牆，以自然採光為主，重點照明為輔，減少使用照明燈具，早期通車啓用的曼徹斯特-皮卡地里（Piccadilly）車站，建築屋頂採用 ETFE（輕質的乙烯-四氟乙烯共聚物）透光氣枕，更可以達到車站採光及保溫效果。

➤ 自然通風

英國緯度較高，氣候溫和，配合季節變化，通常在車站大型開放空間區域，採用自然通風和室內保溫，就能維持車站空調通風需求，對於地下建築或密閉空間，採用機械式空調通風，輔助房間空調需求。為配合車站採用自然通風，在規劃設計階段，必須特別考量，建築基地的方位及通風開孔位置，利用冷熱空氣對流，產生的煙囪效應，就能達到自然通風的目的。而曼徹斯特-皮卡地里（Piccadilly）車站建築屋頂採用 ETFE 材質，平常具有室內保溫，發生緊急火災時，ETFE 頂棚溫度達到熔點就會熔化，當頂棚消失後，建築就會變為無頂的開放式空間，煙氣會隨之排放出去，提供安全的逃生通道。

➤ 旅運服務設施

簡易的鐵路車站及輕軌月台，為方便行動不便及拖運行李旅客，進出車站及月台，大部分會遷就地形及高度，設置斜坡通道，提供無障礙通道，減少設置電梯或電扶梯。站房內主要通道上，設置旅客服務台，大型的 i (information) 字告示牌，讓需要諮詢的旅客可以一目了然，減少到處走動的路程並縮短諮詢時間。車站公共區域及商品販賣區，設置列車到開時間的 LED 資訊螢幕，讓旅客可以隨時隨地掌握列車動態資訊，方便利用時間消費。對於倫敦維多利亞鐵路車站採用付費式的廁所，在台鐵車站非付費區內可以考慮設置，不僅節省車站營運成本並且方便管理。車站提供旅客使用的緊急按鈕，如電扶梯緊急按鈕、側牆面板上結合消防緊急按鈕、緊急求救按鈕及有線服務對講機等功能的求救點（Help Point），都以鮮艷的紅色及巨大的外型設置，讓旅客很容易發現和使用。

➤ 再生電軔的動力機車

為提高英國鐵路運輸容量，當地尚未電氣化的鐵路路線，目前正積極進行鐵路電氣化改建工程，對於軌道運輸載具，更逐步採用具有再生電軔功能的動力機車，根據英國倫敦交通局估算，目前地鐵使用再生電軔的列車，每年可減少大約 17,000 噸的二氧化碳排放，為財政節省約 200 萬英鎊。台鐵局於 2002 年採購 EMU600 型

電聯車，為首次採用電軔再生之車種，其後續採用的列車，也逐步採用具有再生電軔的動力機車。

➤ 地鐵車站更新計畫

英國倫敦為提高地鐵運輸量，目前正執行許多地鐵車站擴建及更新計畫，以應付未來 2012 年奧運旅客運輸量的需求。車站執行擴建及更新時，必須維持車站的正常營運，因此在既有站體改建時，利用車站停止營業夜間時段施工，施工過程必須增加許多防護措施，如果影響層面較大時，甚至可以採取車站不停靠列車，改由其他路線的車站取代營運及轉乘，這種地鐵車站更新計畫和本局在都會區的鐵路車站執行立體化的工程業務非常類似，為維持台鐵車站及路線的正常營運，目前尚無法讓台鐵車站暫時停止營運。

2. 建築大樓

這次考察的主要公民營建築大樓包括貝丁頓節能減碳社區，自然歷史博物館-達爾文中心及曼徹斯特司法大樓等，它們採用的節能減碳設施，都值得我們借鏡使用，分述如下：

➤ 自然通風和自然採光

考察的建築大樓和鐵路車站一樣，採用自然通風和自然採光為主要的節能減碳措施，根據各地建築大樓用電分析，大樓主要的用電量消耗在空調設備，如果可以減少大樓的空調運轉，就可以節省許多能源。因此不論是車站或建築大樓，在設計規劃階段，建築師如果能根據建築基地的座向方位，充份利用地理環境的條件，採用自然通風和自然採光手法，將能直接達到節能減碳的目的。在貝丁頓節能減碳社區和曼徹斯特司法大樓，冬天時，利用自然通風冷熱交替的氣流，預熱進入屋內的冷空氣，在台灣地區，夏天時，同樣可以利用自然通風交替的氣流，預冷進入大樓的冷空氣。曼徹斯特司法大樓更利用建築隔間開孔方式，將自然採光導引到非臨街的房間，是自然採光極致應用。

➤ 使用再生能源設施

貝丁頓節能減碳社區採用再生能源為主，這些再生能源包括太陽能光電板、利用有機物廢棄材料為燃料的供電組機和水資源的再利用，社區的用水用電幾乎可以自給自足，可以節省約 20% 的維護管理與能源費用成本，同時對於環境的破壞卻趨近於零，這個社區是永續建築的代表作品。

➤ 提高設備使用效能

貝丁頓住宅社區採用礦毛絕緣纖維再生材料的隔牆，達爾文中心及曼徹斯特司法大樓外牆採用雙層玻璃空氣隔熱外牆等，都是以天然資源作為良好的斷熱隔音屏障。有些建築大樓廁所採用真空式浴廁設備，比傳統式浴廁設備節省用水，減少廁所異味及噪音。大樓採用變頻式空調，可以提高設備使用效率，達到節能減碳的效果。

3. 再生能源獎勵措施

英國政府為因應 2020 年再生能源須占總能源供應（電力、熱力及交通運輸）15% 之目標，在 2010 年 4 月 1 日實施使用再生能源獎勵措施-上網電價（Feed-In Tariffs），預計 2011 年 4 月 1 日繼續推動獎勵措施-再生熱能獎勵（Renewable Heat Incentive）。這些獎勵措施和我國經濟部能源局在民國 98 年 7 月 8 日頒佈的「再生能源發展條例」及民國 99 年 4 月 30 日頒佈的「再生能源發電設備認定辦法」類似，補助基來源同樣來自發電業者及政府基金等，其中主要差異包括，目前我國再生能源發電獎勵總容量設定在 6500MW~10000MW，而英國目前只有 5MW；我國對於設置再生能源發電設備獎勵對象，分類為第一型：全部採用再生能源發電之發電設備和第二/三型：部分採用再生能源發電之發電設備，而英國對於設置再生能源發電設備者，並不限定獎勵對象，不僅有電能躉購的保障而且享有一些免稅的優惠。由於英國的電力公司和我國台電公司一樣，大部分屬於民間經營的業者，因此對於再生能源電能躉購的容量和價格，都採取比較被動的作法，因此這種再生能源獎勵措施，目前還是必須仰賴政府的政令宣導及基金預算補貼，才能達到預期的效果。

5.2 建議事項

英國當地的氣候條件及政策背景雖然與台灣不盡相同，但是它們採用的許多節能減碳的手法，確實值得我們學習和參考，台灣正在進行全省鐵路交通立體化等多項鐵路車站改建及興建計畫，在這次考察中，值得在計畫執行的節能減碳措施，說明如下：

1. 車站採用自然採光和自然通風

應用自然採光可以減少室內照明燈具，使用自然通風可節省車站空調用電。目前鐵路交通立體化台中計畫及花東鐵路效能提昇計畫都採用高架車站，高架車站的屋頂及月台雨底，非常適合使用自然採光，不僅可以減少設置室內照明燈具的數量，同時可以減輕車站日後維護保養的工作。車站如果搭配採用雙層玻璃空氣隔熱的外牆，既能達到自然採光功能，又有室外隔熱效果。

台灣地區夏天季節屬於高溫高溼的氣候，因此在每年的六月到九月夏季期間，車站必須利用空調設備降溫除溼，車站的空調是主要的用電設備，採用雙層玻璃空氣隔熱，夏天時，可以阻隔室外熱源進入，減少空調負荷；冬天時，可以保持室內常溫，利用自然通風的方式，就能達到車站通風需求。

2. 車站月台出入口採用斜坡道

英國地鐵簡易車站或輕軌月台出入口，目前大部分採用無人看守的出入通道，為提供行動不便及拖運行李旅客使用，設置斜坡道進出車站及月台，可以避免裝置殘障電梯，減少設備用電及維修管理。在鐵路改建花東鐵路效能提昇計畫中，有一些平面式的簡易車站，可以設置類似的斜坡道出入口，不僅可以達到上述節能減碳的效果，同時還能作為自行車出入通道。

3. 車站採用真空式廁所

真空式廁所利用空氣壓力排放污水，用水量比傳統式浴廁設備利用大量的清水，以重力加速度方式，將浴廁污水排出少。真空式廁所採用負壓的污水管，因此廁所異味及排放噪音較少，同時真空式廁所採用較小排水管，不用設置通氣管，廁所配合調整的彈性空間較大。鐵路車站雖然可以比照英國鐵路倫敦維多利亞車站，設置收費式

的公共廁所，節省營運成本及資源，但是必須考慮社會民情。

4. 採用電軔剎車再生能源設備

電軔再生之鐵路電力機車，具有將制軔時之動能轉換為電能回饋至電車線的功能，節省閘瓦接觸磨擦消耗，將機車剎車動能轉變為電力能源，回饋電車線電力系統再利用。台鐵局採購的電聯車組，開始陸續採用電軔再生之車種。目前鐵路地下化南港車站使用的電梯，雖然規範沒有規定電軔剎車功能，但是設備廠商基於公司標準規格配備的原因，採用電軔剎車再生能源設備。在電扶梯全載向下運轉時，利用電軔剎車產生的再生能源，可以轉供到車站電扶梯電源盤，節省車站用電。因此在日後發包的電扶梯施工規範上，可以鼓勵廠商使用電軔剎車再生能源設備。

5. 採用建築整合型太陽能光電板（BIPV）

目前鐵路改建及立體化車站，能夠採用再生能源，達到節能減碳目標的設備，以設置太陽能光電板為主，太陽能光電板屬於台灣非常成熟的產業。在台灣東部及中南部，陽光充足的鐵路車站屋頂及月台雨庇，都具備設置建築整合型太陽能光電板的條件。經建會於 98 年 11 月 24 日要求經濟部能源局自 99 年度開始，審查每一個使用「振興經濟擴大公共建設投資計畫」預算的計畫，必須採用綠色能源達到 6% 預算目標。鐵路改建工程局目前執行全省十五項專案計畫，其中使用「振興經濟擴大公共建設投資計畫」預算的計畫，共有十項，將檢討各計畫使用再生能源設備，提出「綠色能源設計評估書」供能源局完成核備程序。該綠色能源設計評估書如能以設置太陽能光電板為主，預期將可以達到預算目標。對於設置太陽能光電板的車站也必須協商經濟部能源局及台電公司，在車站工程發包文件中，納入車站申請太陽能光電板獎勵補助的機制。

六、 參考文獻

- 【1】 Richard Nicholls、Keith Hall，「**The Green Building Bible**」Volume1 & 2，England：
Green Building Press，2010。
- 【2】 The Naturesave Trust，「**BedZED**」guide，BedZED Centre，UK，2010。
- 【3】 謝統勝，**永續生活實踐者**，行政院林務局，網頁，2010。
- 【4】 Dr Joe Cosgrave，「**Energy Efficiency in Railway Traction**」Report，UK，Mott
MacDonald Co.，2010。
- 【5】 Dr Mark Facer，「**Manchester Civil Justice Centre**」Report，UK，Mott
MacDonald Co.，2010。
- 【6】 Denton Corker Marshall，「**Manchester Civil Justice Centre**」guide，
UK，Denton Corker Marshall，2008。
- 【7】 Department Of Energy & Climate Change，<http://www.decc.gov.uk>，2010。
- 【8】 Ownenergy，「**The Simple Guide To The Renewable Energy Tariffs**」，[http：
//www.fitariffs.co.uk](http://www.fitariffs.co.uk)&<http://www.rhincentive.co.uk>，2010。
- 【9】 經濟部，經能字第 09904602570 號令，「**再生能源發電設備認定辦法**」，台北，
2010 年 4 月。
- 【10】 經濟部，華總一義字第 09800166471 號總統令，「**再生能源發展條例**」，
台北，2009 年 7 月。