

出國報告（出國類別：其他）

車輛節能技術研修

服務機關：交通部臺灣鐵路管理局

姓名職稱：	機務處	正工程司	柳燦煌
	機務處	正工程司	鄭建榮
	機務處	工務員	黎世俊
	電務處	幫工程司	葉士宗
	電務處	助理工務員	王百祿
	花蓮機廠	副工程司	古寶興
	臺北機廠	監工員	黃明聰

派赴國家：日本

出國期間：101/7/22~101/7/28

報告日期：101/10/20

摘要

石化燃料價格高漲及全球暖化效應，京都議定書於 2005 年 2 月 16 日正式生效，係國際社會間一項重大外交成就，象徵著世界各國願意同心協力共同面對氣候變遷此全球性重大環境議題，為因應環保、節能訴求，各國政府對二氧化碳（CO₂）排放之法規日益嚴苛，未來軌道車輛產業之發展趨勢亦必將會透過法規的限制，加速業者研發車輛節能與零組件產品技術之精進，而強調低耗能、零污染排放的車輛，更為車輛製造廠之重要發展方向。

本次研修係日本國經濟產業省委託該國財團法人海外產業人材育成協會辦理，並藉由協力廠商簡報及參訪使用節能技術產品之軌道運營單位等方式，使參與研修人員充分瞭解軌道車輛節能技術能量及應用。爰日本機車車輛製造已朝環保節能之新技術積極開發，此次除吸取節能化運輸系統成功經驗外，未來更可將學習所得應用於相關規範擬定、車輛維修廠及營業站場照明節能之參考。

日本與我國同為島國，受地理環境及天然資源的限制，在環境資源方面的開發成為經濟發展的一主要動力，除軌道車輛類產品外，其他日常生活品項之節能應用亦甚為進步。其擁有先進的節能技術，能源利用效率處於國際領先水準，故節能技術及經驗已成為其企業之特殊資本，此次研修主要為瞭解及學習日本軌道車輛系統製造廠對於機車車輛之節能發展方向、目標及工法，並探討老舊車輛及站場節能改善之效益。

目錄

壹、 目的.....	1
貳、 課程及內容.....	1
參、 內容摘要.....	2
肆、 心得.....	53
伍、 建議事項.....	55
陸、 課程剪影.....	60

壹、目的

溫室效應係由於工業革命以來人類大量使用石化能源，造成大氣中的溫室氣體（greenhouse gases, GHGs）濃度大幅提高，氣溫逐漸升高的現象。加以近年來全球能源價格攀高，在替代能源尚未普及下，節能是減緩問題的唯一途徑，更是永續發展必要的工作，因應全世界節能減碳潮流，利用此次研修課程藉以了解日本已商業運轉之軌道產業技術與產品。課程著重於理論與實務雙重說明，並導入節能減碳技術及產品之壽命周期成本評估，以使受訓學員深入理解發展性能優良及環保之軌道車輛重要性，藉此對未來之環境保護貢獻心力。

貳、課程及內容

日期	課程內容
7月23日	<ol style="list-style-type: none">1. 研修課程簡介-HIDA 古屋 宏美。2. 永磁式同步電動機（PMSM）驅動程序-辰巳 惠子、川口 修。3. 鐵路電力供電系統-松岡 敬、Koji Otsuji。
7月24日	<ol style="list-style-type: none">1. 節能電動機及周邊機器製造點考察。<ol style="list-style-type: none">(1) 太陽能發電。(2) SciB 鋰鐵電池。(3) 永磁式同步電動機（PMSM）。2. Life Cycle Cost 的成本降低-Dr. Reiko Takahashi。3. 鐵路電力供電系統製造點考察。
7月25日	<ol style="list-style-type: none">1. 混合動力機車-加藤 仁2. SciB 鋰鐵電池-加藤 仁3. 參訪混合動力車輛-東日本軌道公司。
7月26日	<ol style="list-style-type: none">1. LED 照明。2. LED 照明製造點考察-LDF 沼津工廠。
7月27日	<ol style="list-style-type: none">1. 參訪永磁式同步電動機（PMSM）用戶-東京地鐵株式會社(中野車輛基地)。2. 試乘東京 Metoro 號。3. Q&A。

參、內容摘要

一、 太陽能發電

太陽光電(photovoltaic,簡稱 PV)是利用半導體固態材料，將光子能量直接轉換為電能，這是目前最為人所熟知的太陽能發電方法。矽晶太陽光電池的種類很多，依照材料的不同，可分為矽晶、非晶矽及薄膜太陽電池等。矽是地球上含量第二多的元素，加上矽的能隙適合吸收太陽光主要的光譜強度分佈，這些因素使矽晶太陽電池成為目前使用最廣泛的太陽電池，各型電池簡述如下：

(1) 矽晶太陽電池

商業化的矽晶電池可分為單晶矽與多晶矽二種，實測效率值約在12%~17%左右，是目前太陽能電池市場的主力。

(2) 非晶矽薄膜電池

非晶矽(amorphous silicon)太陽電池是除結晶矽太陽電池外，量產販售最多的電池。但目前它的效率較低，約為10%~11%左右，此外還有照光衰退問題，因此實際使用效率約只有8%。

(3) Cu(InGa)Se₂ 與CdTe 薄膜太陽電池

Cu(InGa)Se₂太陽電池於1970年代由貝爾實驗室發展，CIGS薄膜因其高光電轉換效率，被視為具有潛力的低成本太陽電池，其在各類薄膜電池技術中，相對效率較高，目前小面積元件效率已可達19%，大面積的模組效率可達13%。

日本東芝株式會社於府中工廠採用其國內 6 家太陽能電池製造商之產品進行實驗，利用太陽能所產生之電力挹注於廠內行政區及電動車充電使用，以減少石化燃料發電使用量。由於地球的環境問題越來越多，目前節能減碳幾乎可以說是全世界都關注的議題，將來若是能以太陽能取代石化能源為主要能源應用，那將不會面臨能源枯竭的問題，更可以減少排碳量、減輕空氣污染，以及連帶所造成的酸雨、全球暖化等環境上的破壞。

二、 永磁式同步電動機(PMSM, Permanent Magnet Synchronous Motor)

1. 永磁式同步電動機(PMSM)之技術驅動程序及發展

永磁式同步電動機(PMSM)之，隨著現代電機技術、電力電子技術、微電子技術、永磁材料技術、交流可調變技術及控制技術等快速發展，連帶使得永磁交流伺服技術有著長足的進步。

永磁式同步電動機較傳統非同步感應電動機 IM(Insynchronous Motor) 具有節能、低維護及低噪音等三大優點，使得永磁交流伺服系統逐漸取代直流伺服系統，尤其是在高精度、高性能要求的伺服驅動領域，成為現代電力伺服驅動系統之一重要發展趨勢。其優點簡述於下：

- (1) 效能高：相較於同馬力之非同步感應電動機，重量減輕約 20 %，空間減少約 20 %；以日本銀座線於西元 2010 年測試 7 個月後評估，整體動力耗電量減少 12.5 %，再生電力增加 12.5 %，運轉效能相較於傳統非同步電動機約可增加 20 %。
- (2) 低維護：具免清洗、免大修降低維護成本。因轉子為永磁式設計，無二次銅損及熱量產生，可採全密閉式設計，將定子與轉子完全與外界密閉隔絕，另定子線圈絕緣採 S200 等級(耐熱 200 °C)，故定子及轉子並無粉塵或水氣入浸，且更換軸承時並不需拆卸電動機軸，初步評估每只電動機保養時間約 5.5 小時(2 人工)，而每 12 年僅需更換軸承，減低保養維修時間。
- (3) 低噪音：於實驗室環境下，測試單一電動機於 5,000 轉速 (rpm) 時，噪音值約為 90 dB(A)，傳統非同步感應馬達約 102 dB(A)，約可降低 12 dB(A)。

永磁式同步電動機 (PMSM) 較其他電動機有更高之輸出效率表現，體積小、重量輕及電路易控制，這些特性使得永磁式同步電動機有廣泛之應用領域，如圖 1 所示。電動機源自 19 世紀前半的許多電磁現象被發現開始，直流電動機及感應電動機等各種原型至 19 世紀後半為止，

皆已研究開發並試作完成，迨 20 世紀初期已經實用化，電動機的技术發展階段，如圖 2 所示。

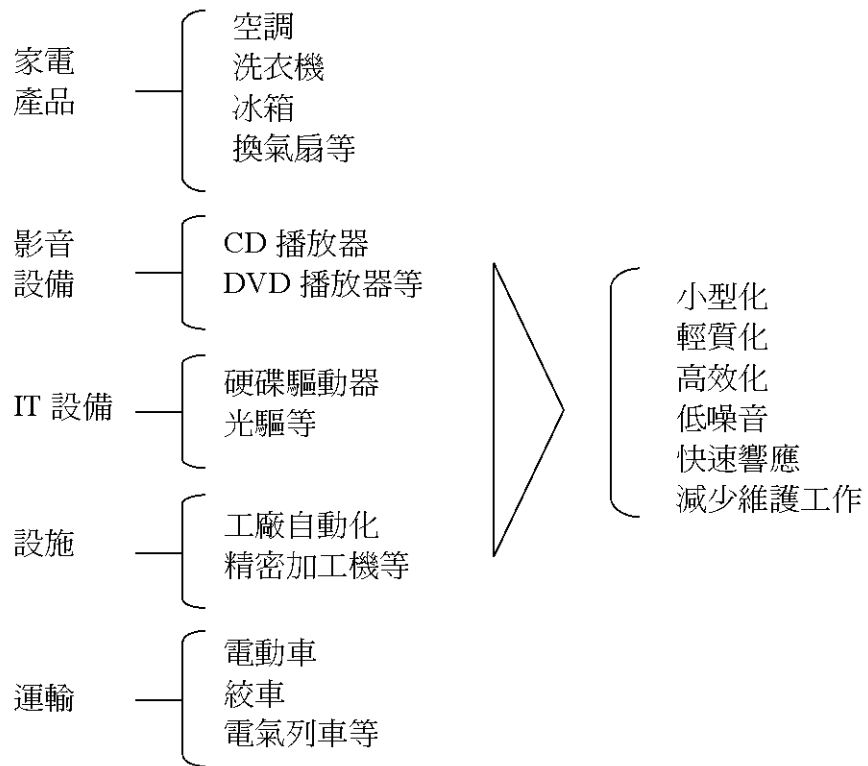


圖 1 永磁式同步電動機應用領域

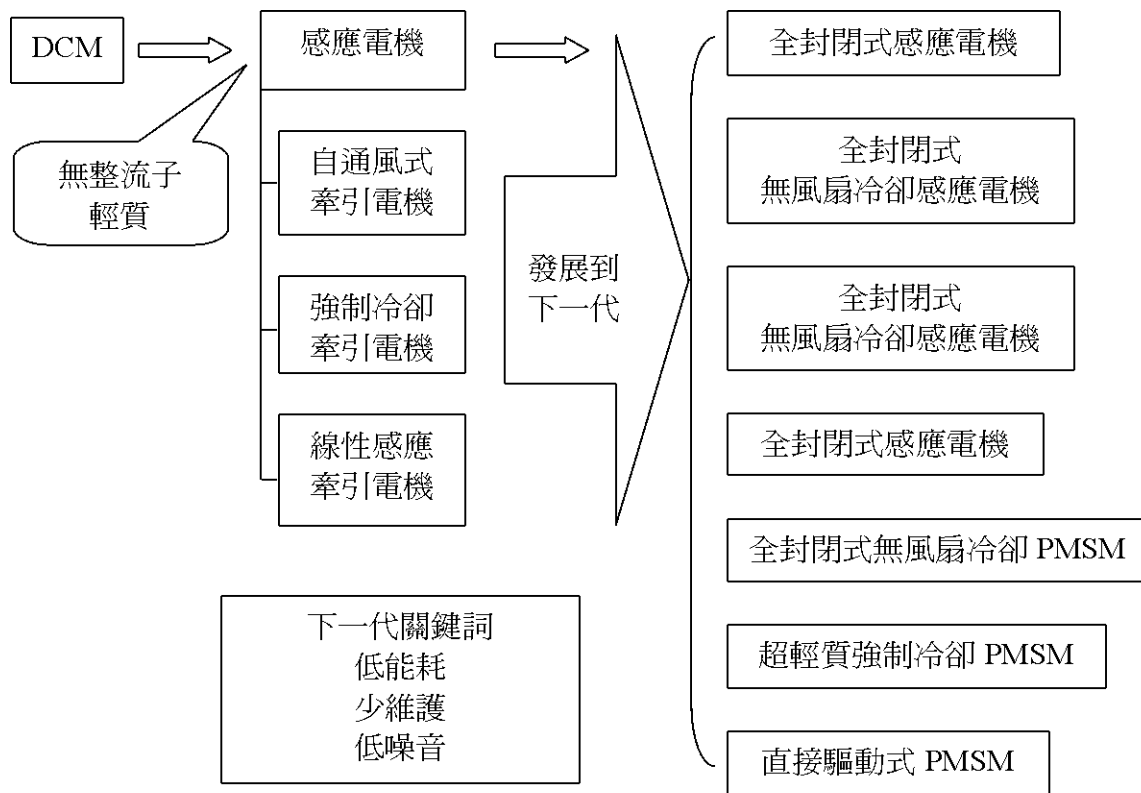


圖 2 電動機的技术發展階段

2. 永磁式同步電動機(PMSM)發展進程

為因應環保及節能趨勢，日本近年來積極發展永磁式同步電動機 (PMSM)，相關進程，如圖 3 所示，目前業成功商業運轉於丸之內線、千代線、銀座線及東西線等路線上，因採用同步電動機故其變流器供電系統必須為 1 對 1 方式設計，使得初期購置成本約增加 20 %。因永磁式同步電動機 (PMSM) 具有 (1) 電動機無電刷及換向器，工作可靠，維護和保養簡單；(2) 定子繞組散熱快；(3) 慣量小，易提高系統之快速性；(4) 適應於高速大力矩工作狀態；(5) 相同功率下，體積和重量較小等優點，滿足了傳動領域之發展需求。

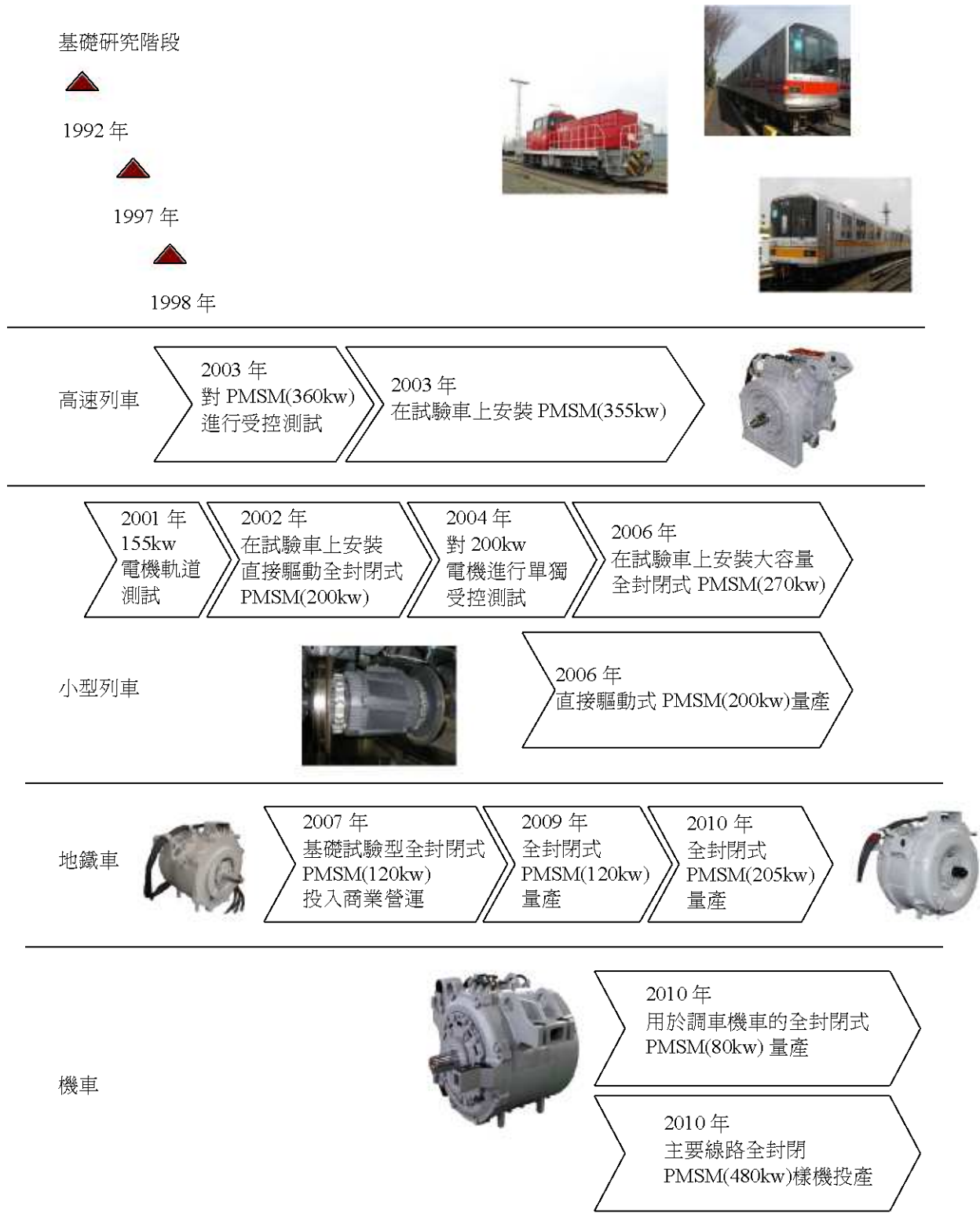


圖 3 日本永磁式同步電動機(PMSM)發展歷程

3. 永磁式同步電動機(PMSM)運轉原理

同步電動機的定子所產生的磁場吸引轉子磁場的異極，由於定子所產生的磁場是以若干速度旋轉，因此轉子會隨著定子磁場的旋轉速度，以相同的速度旋轉，如圖 4、圖 5 所示。

(1) 磁轉矩和磁阻轉矩

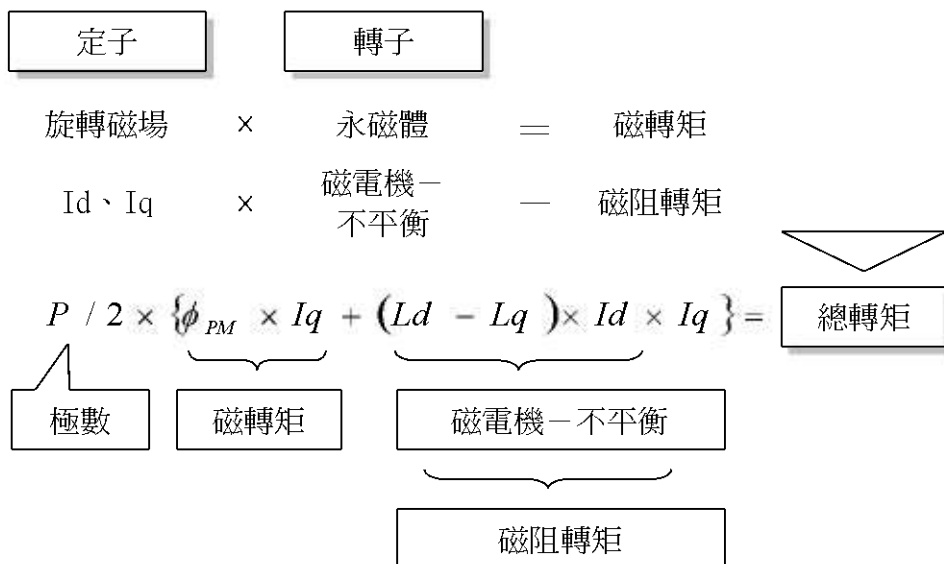


圖 4 永磁式同步電動機運轉原理

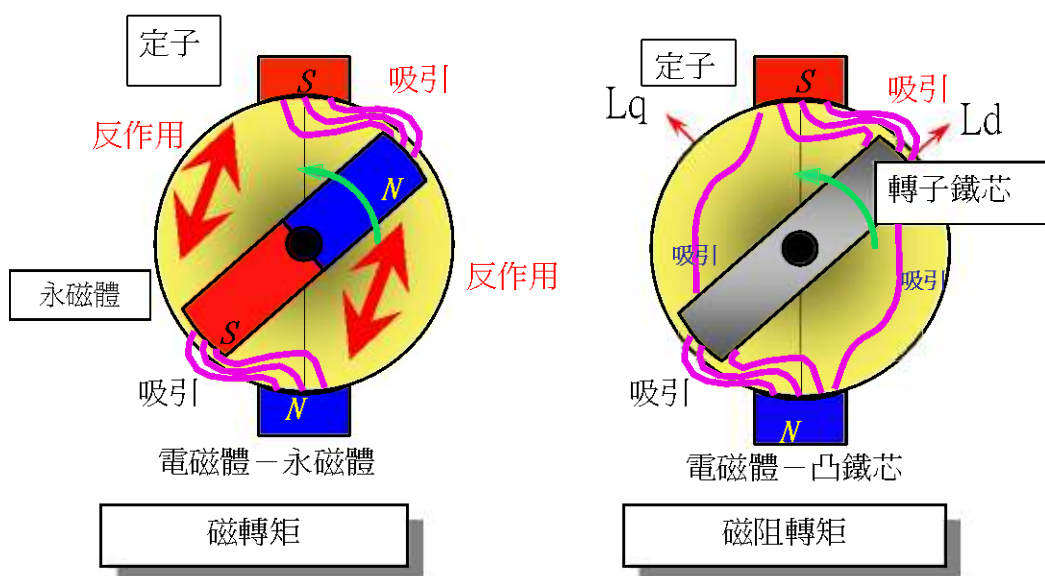
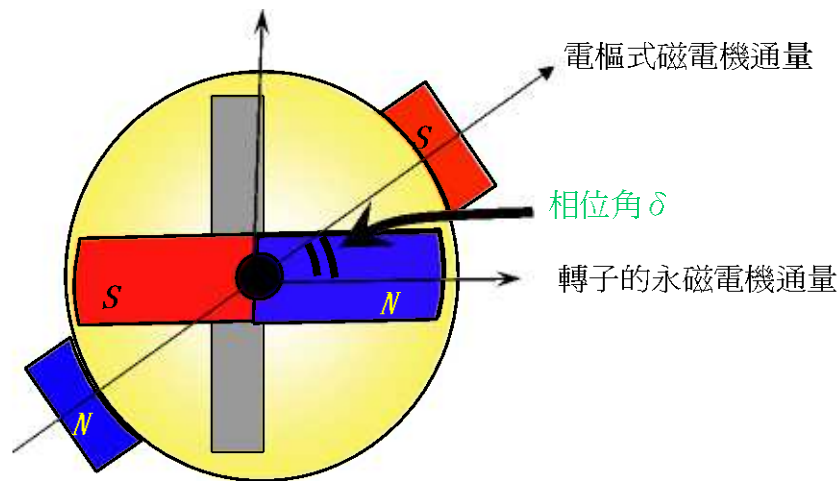


圖 5 永磁體插入轉子鐵芯中同時獲得磁轉矩和磁阻轉矩



- A) 轉子的永磁電機通量與鐵芯方向正交。
- B) 轉子的永磁電機通量與電樞式磁電機通量之間

圖 6 電樞式磁電機通量

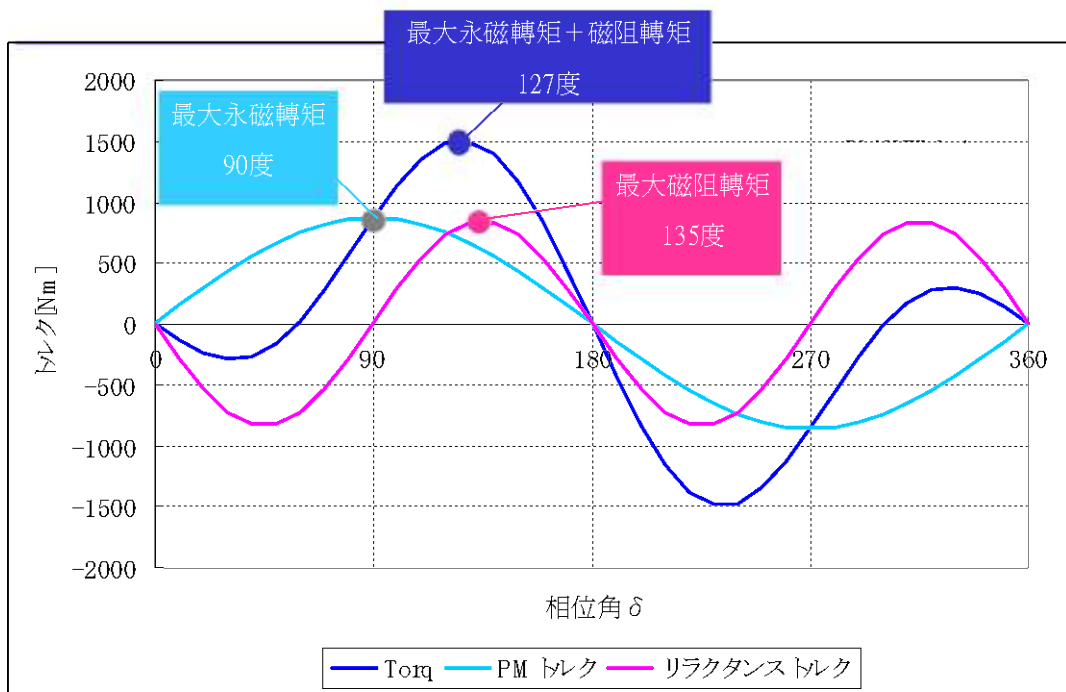
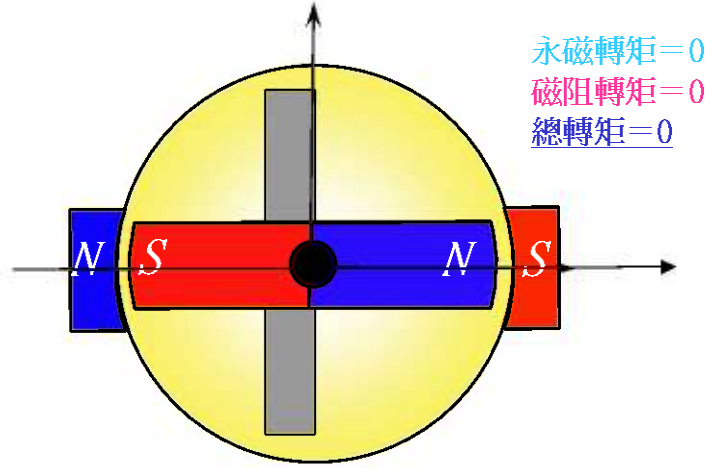
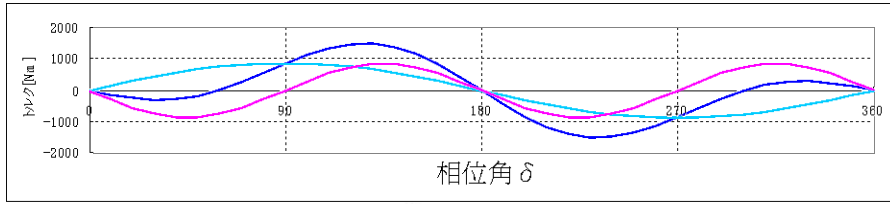
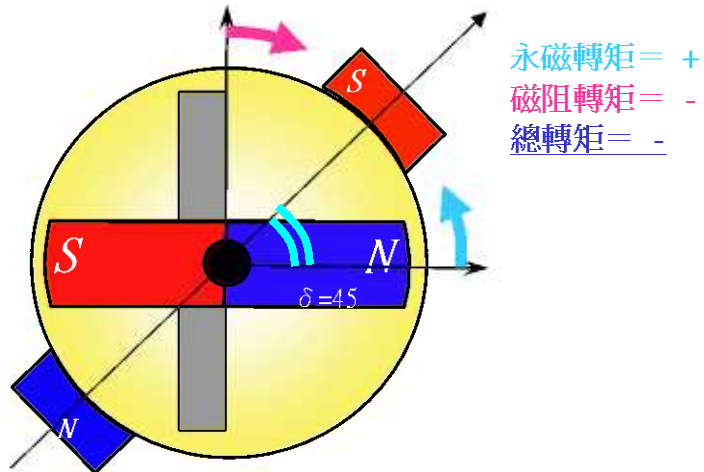
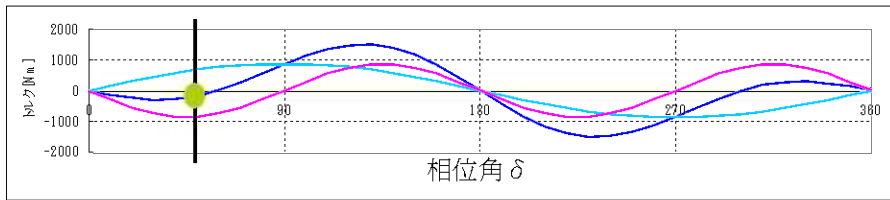


圖7 相位角 δ 和轉矩



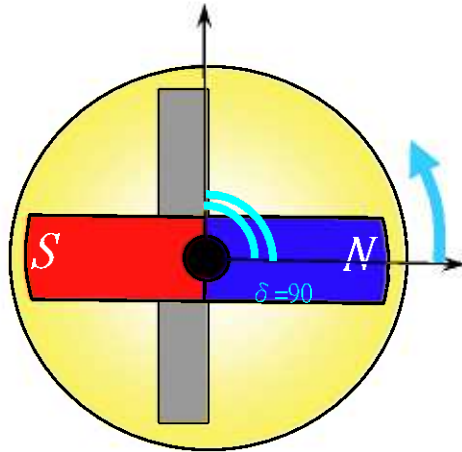
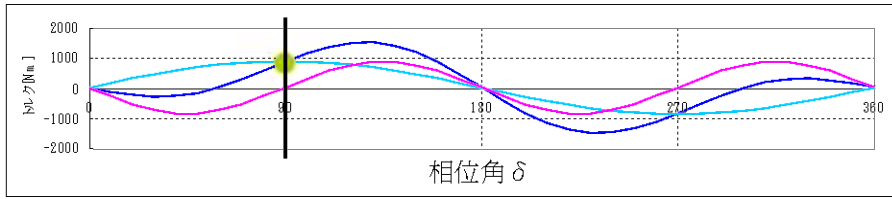
永磁轉矩 = 0
 磁阻轉矩 = 0
 總轉矩 = 0

圖 8 相位角 $\delta = 0$ 度



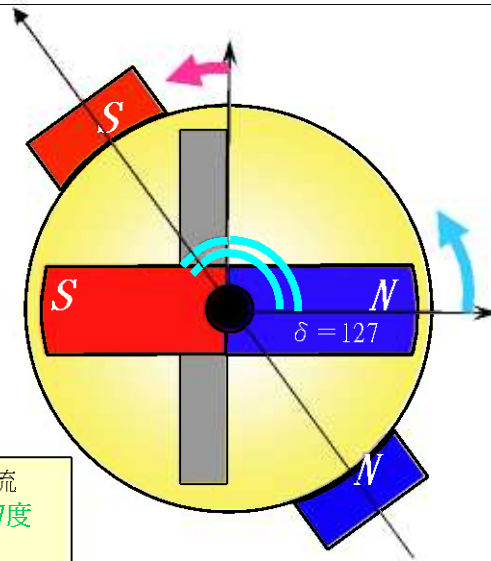
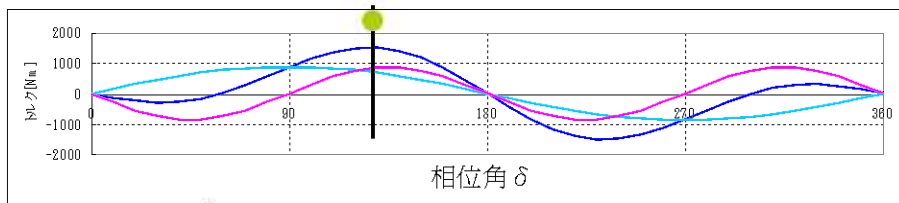
永磁轉矩 = +
 磁阻轉矩 = -
 總轉矩 = -

圖9 相位角 $\delta = 45$ 度



永磁轉矩 = +
 磁阻轉矩 = 0
 總轉矩 = +

圖10 相位角 $\delta = 90^\circ$



永磁轉矩 = +
 磁阻轉矩 = +
 總轉矩 = ++

牽引逆變器系統進行電流
 控制使得相位角 $\delta = 127^\circ$
 在最小電流下獲得轉矩

圖11 相位角 $\delta = 127^\circ$

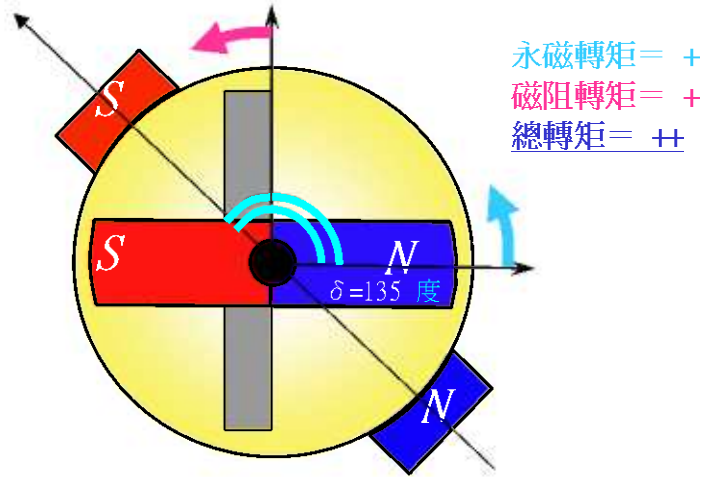
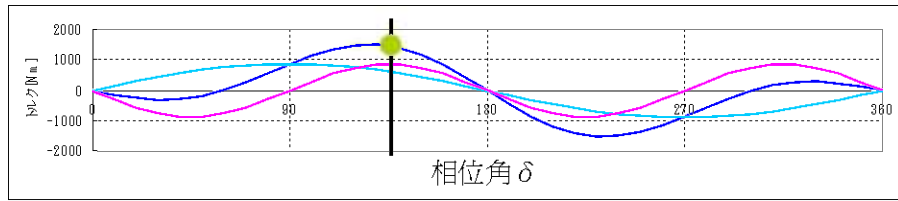


圖 12 相位角 $\delta = 135$ 度

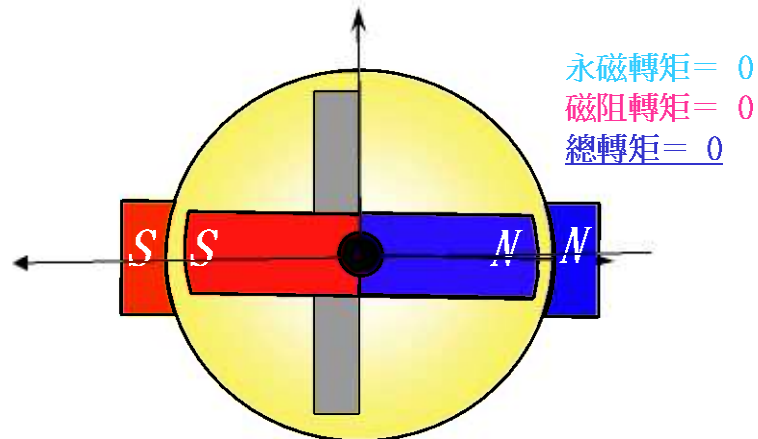
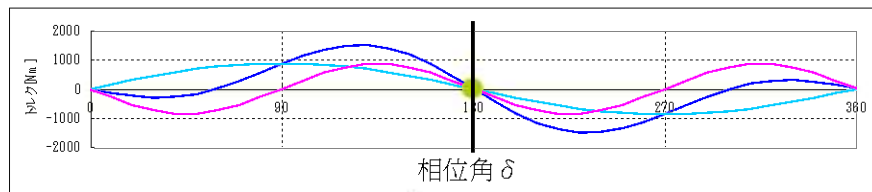


圖 13 相位角 $\delta = 180$ 度

4. 永磁式同步電動機(PMSM)磁場分析示例

無負載時優化的內置磁石電動機(IPM)結構，如圖14所示。

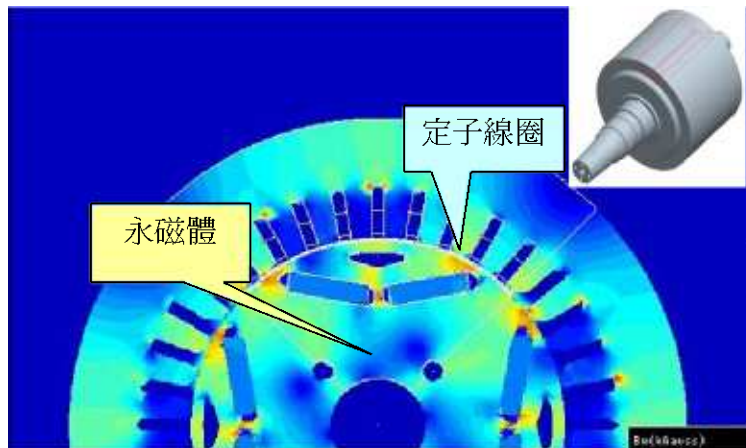


圖14 磁場分析示例

5. 一般同步電機與永磁式同步電動機之比較

(1) 效能：

永磁式同步電動機因無初級銅損耗故效能提升5%，如圖15所示。



效能：92%



效能：97%

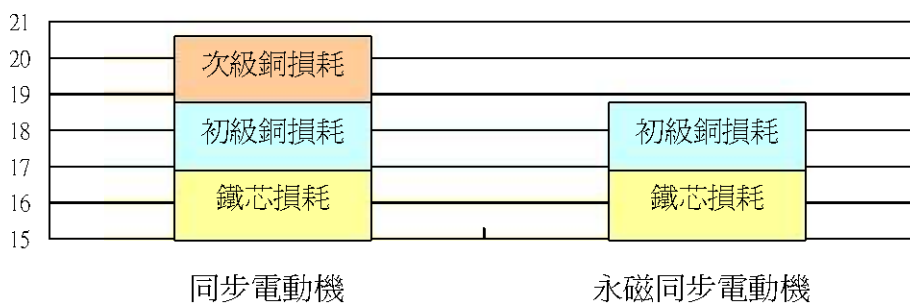


圖 15 效能提昇 5%

(2)維護：

A) 因無灰塵／水分侵入，絕緣系統無需內部清洗、使用壽命長具高可靠性，如圖16所示。

- a. 免清洗：永磁式同步電動機無需吹掃轉子或定子。
- b. 免大修：永磁式同步電動機無需爲了更換軸承進行拆卸。



圖16 使用3年後外觀及內部

表1電動機維護計畫（示例）

類別 \ 年度	年度					
	4年	8年	12年	16年	20年	24年
自通風式電機	△	△	△ □	△	△	×
全封閉式 外風扇冷卻電機			□			×

△：轉子拆卸和清洗 □：軸承更換 ×：牽引電機更換

維護計畫取決於路線的狀況、維護工作情況等，因此，應在列車投入營運後根據調查結果最終確定實際維護計畫。

B) 無需拆卸轉子即可更換軸承（油脂潤滑全封閉式電機），如圖17所示。

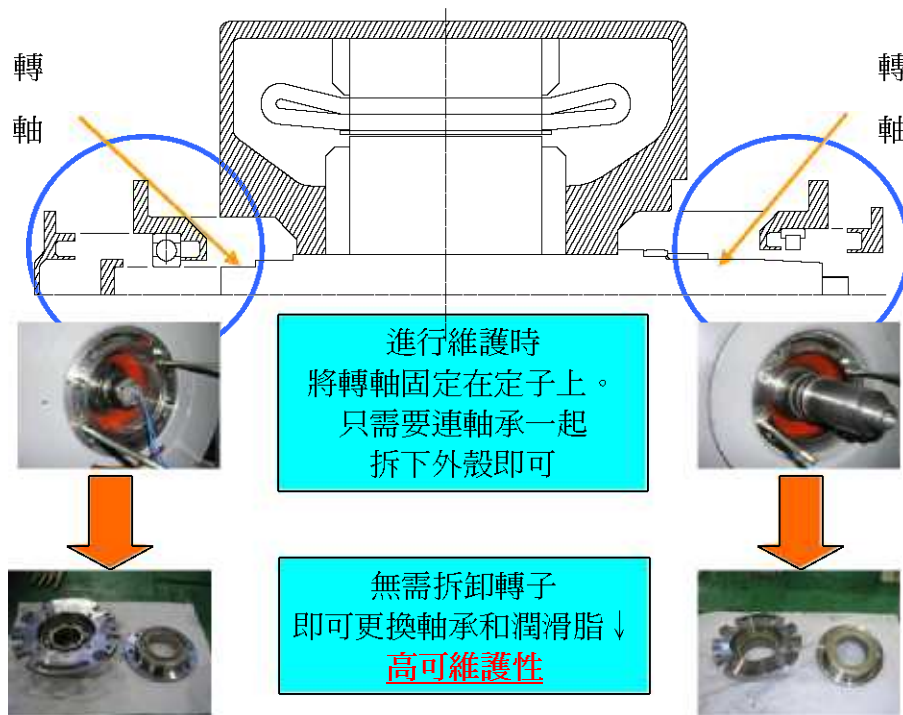


圖17永磁式同步電動機軸承更換示意圖

C) 常規牽引電機的維護

一般牽引電動機需要進行一定維護，每一電動機約維護時間約5.5小時/台（東芝電機株式會社估計），如圖18所示。

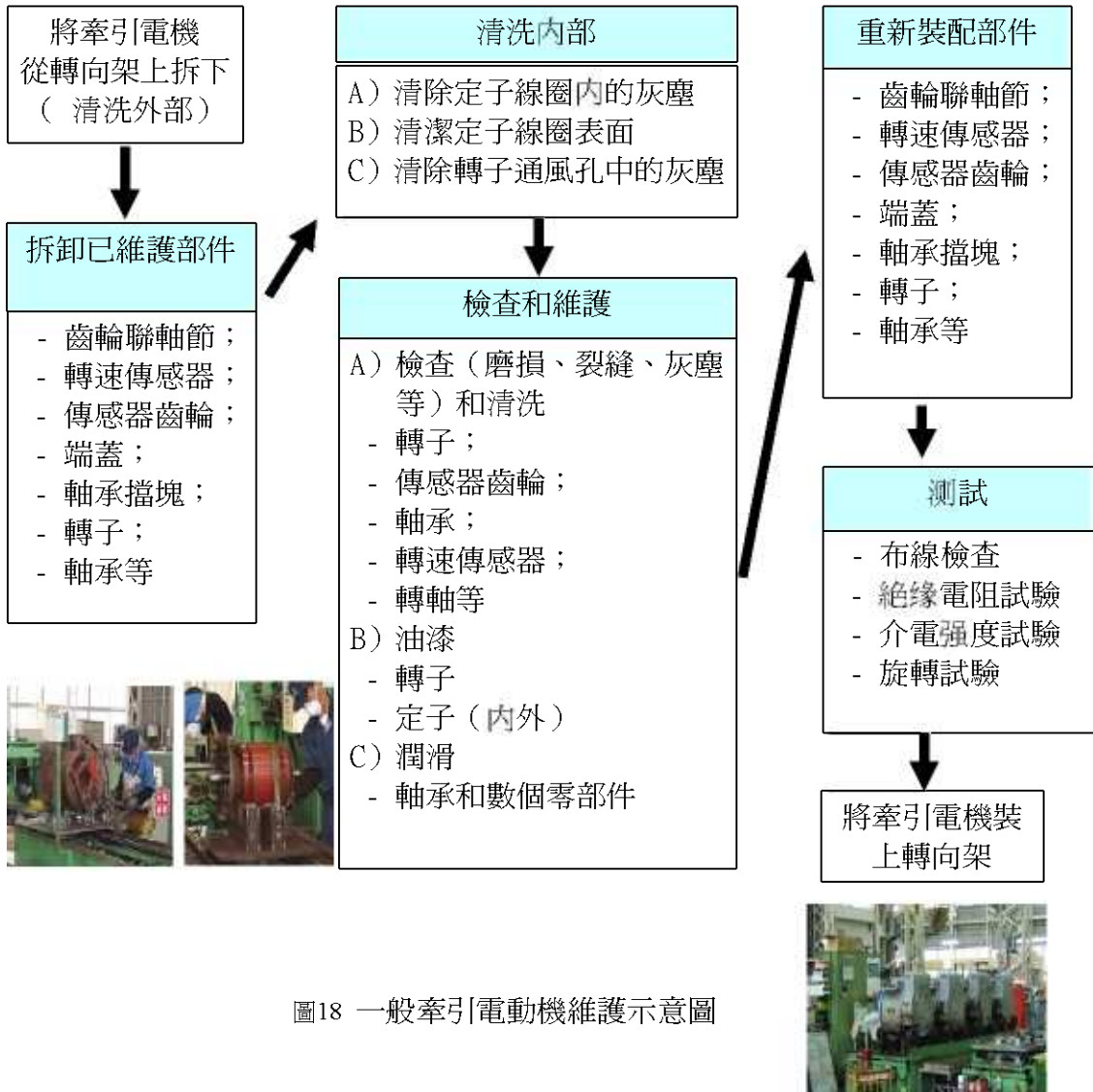


圖18 一般牽引電動機維護示意圖

D) 永磁同步牽引電動機的維護

採用全封閉式牽引電機可以省去大量維護工作，每一只電動機維護時間約1.5小時（東芝電機株式會社估計），如圖19所示。

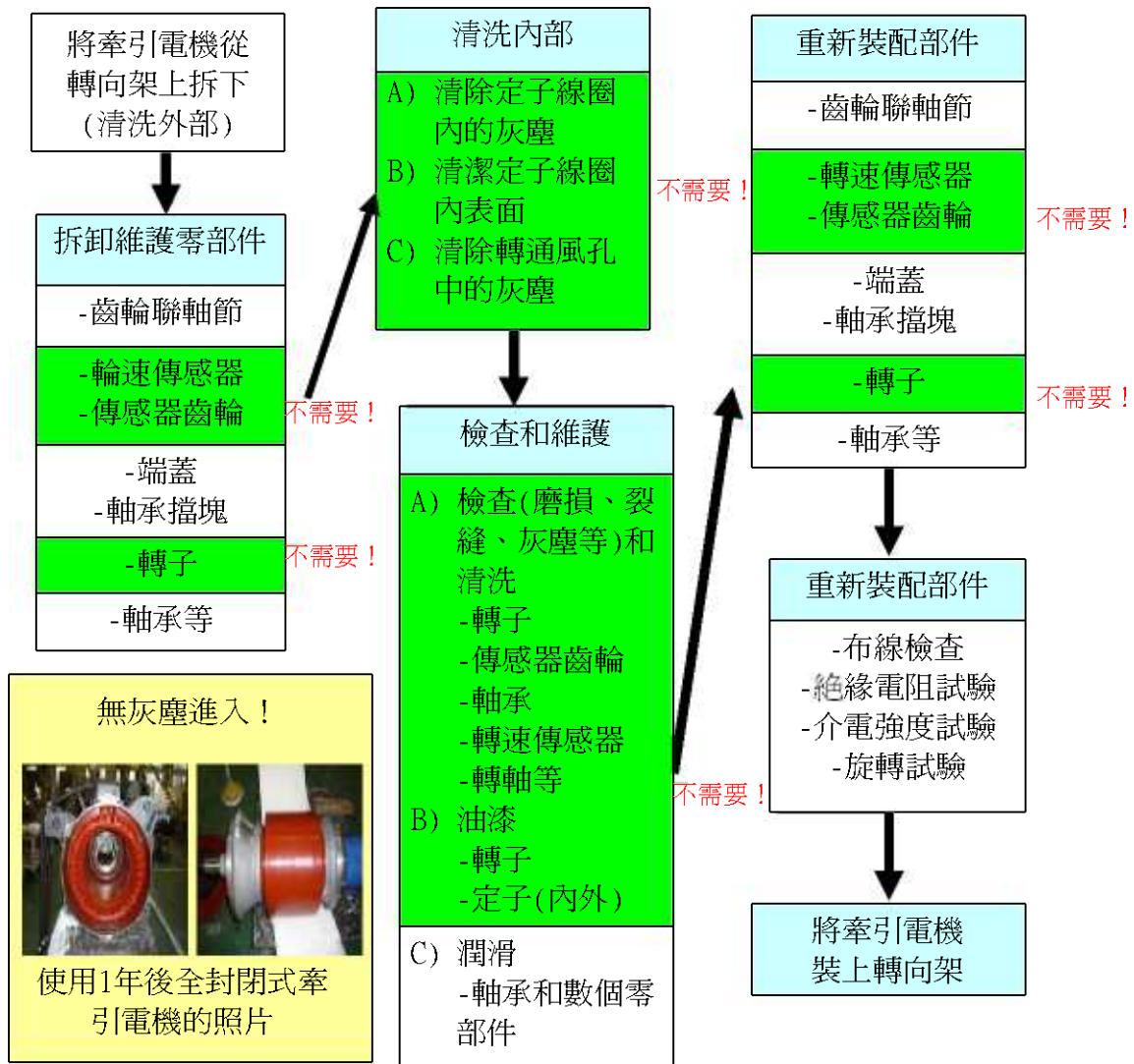


圖19 永磁式牽引電動機維護示意圖

E) 維護工時的比較，如圖20所示。

	4年	8年	12年	16年	20年	合計
常規牽引電機	△：5.5小時	△：5.5小時	△：5.5小時 □：1.5小時	△：5.5小時	△：5.5小時	29.0小時
永磁式同步電動機 (PMSM)	-	-	□：1.5小時	-	-	1.5小時

所需人力：1.5人／每次作業

牽引電機數量：4台／輛機車 ⇒ 16套／車隊

工時比較：PMSM=36工時／車隊，常規牽引電機=696工時／車隊。
安裝PMSM所需的工具／材料基本與常規同步電機相同。

圖20 電動機維護工作的比較

F) LCC研究－維護工作

工時比較：PMSM=36工時／車隊，常規牽引電機=696工時／車隊

使用永磁式同步電動機可達節省工時660工時／車隊（整個壽命周期）不僅節省人力成本，而且：

- A) 縮短維護引起的停運時間，從而提高可用性。實現維護人員的減少。
- B) 噪音：全封閉式無風扇冷卻PMSM可使噪音降低約12dB(A)，如圖21所示。

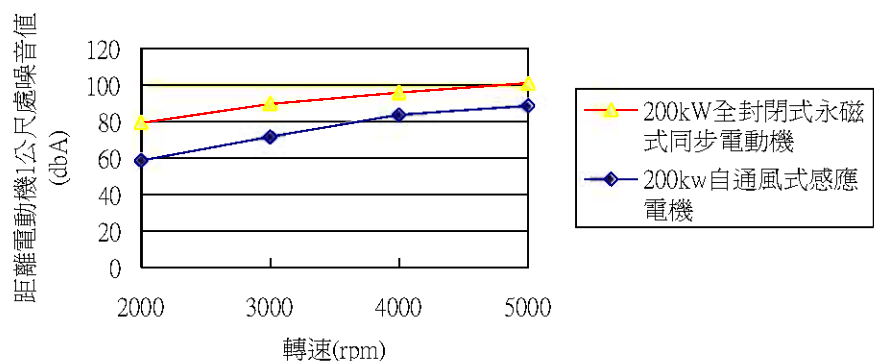


圖21產生噪音比較示例

三、生命週期成本(Life Cycle Cost)的成本降低

生命週期成本 (Life Cycle Cost, 簡稱 LCC) 評估, 經常被用來作為成本評估的主要方式, 利用此架構可以估算出加入或是更換某項新設備時, 整個設備的生命週期中所需要花費金額的多寡, 並與傳統或是老舊設備所計算出來的數值相比, 來評估新設備是否值得投資。

再生能源的使用對於達到環境永續的長遠目標有極大的助益, 但從經濟的角度來看, 由於目前再生能源利用技術未臻成熟, 因此其相關設備的使用在設計方案決策過程, 經常因設備使用效率不佳且期初設備成本較高等問題而甚少被業主採用。生命週期成本(Life Cycle Cost, LCC) 評估法, 在選定參數假設條件下, 評估結果顯示: 對於評估結果會產生較大影響的因子包括: 1.設備所在地區及其環境條件、2.國家對於使用再生能源設備補助的相關政策、3.未來能源價格上漲率。其中能源價格具有不斷變動之特性, 且未來能源短缺也可能造成能源價格的劇烈波動, 經由敏感度分析過後可確定其對於評估結果影響幅度最大, 在進行評估時必須針對此項因子深入探討。由於生命週期成本評估法基本上是建立在現值(Present-Value)或年值(Annual-Value)的方法假設上, 因此基期與評估年期、稅率、通貨膨脹率、折現率、所得稅率等, 在評估時都採取相同的假設。

我國雖非京都議定書簽約國也無貿易制裁之規定, 但根據 WTO 有

關於貿易障礙的規定，對環保有「除外條款」。即基於環保考慮可對進出口品課徵環保稅。歐盟的環保三指令規定除電器電子產品回收（今年八月生效）及禁止有毒物質（如鉛、鎘及汞）的使用（明年七月生效）之外，在能源使用方面也要求能源使用產品需滿足生態設計（EUP）的要求，否則可對其進口加以設限。政府為因應 1997 年 12 月 11 日京都議定書的發布，在 87 年 5 月曾召開「全國能源會議」，並得到多項共識。其中包括下列二點：

1. 至 2020 年 CO₂ 減量將比根據過去趨勢情境(Business as usual)減量 24 %至 48 %；

2. 至 2020 年為止能源效率（或能源生產力）應每年增加 1.2 %。

但到 2003 年為止，我國 CO₂ 的排放量卻由 1996 年的 1.896 億噸增加到 2.679 億噸，年成長率為 4.94 %，七年間總增幅達 41.3 %。

近年來國內針對溫室氣體減量政策是否應確實落實尚未形成共識，能源政策何去何從爭議更大。在節約能源及發展再生能源方面國內雖有共識，唯過去數年兩方面的績效皆不彰，主要原因是相關能源價格偏低，這使節能及發展新替代能源皆缺乏的誘因。合理化能源價格政策固是政府為提高能源效率從而降低溫室氣體排放考慮的作法。惟影響社會層面頗大，仍宜待各界充分公開討論並獲某種程度之共識後再加以實施。

四、柴油混合型動力調車機車(HD300 型)

柴油混合型動力調車機車，如圖 22 所示，動力系統主要由 (1)發電模組；(2)蓄電模組；(3)主變換模組三大裝置構成。研究開發之初即設定三目標：(1)柴油發動機符合 EPA Tier3 標準，目標減少 30%~40%之碳氧化合物排放；(2)高效率控制柴油發動機，利用回收再生能源，目標大幅度降低能耗；(3)利用小型柴油發動機及隔音結構，目標降低 10Db 噪音（適於夜間調車），機車車輛包括下列 5 大裝置：

(1) 蓄電模組：採用湯淺公司(GSYUSA)鋰離子電池(LIM30H)，為主要動力源，可供機車所需之最大輸出功率，特性為利用回收再生

能源與發動機-發電機進蓄電。以高速充電時間僅需 20 分鐘即可充滿電力，未來東芝公司亦並行開發中。


- (2) 發動機：柴油發動機，額定功率 185 Kw(最大 242 Kw)，轉速 1,600 rpm(最大 1,800 rpm)。
- (3) 發電機：三向感應式發電機(不須勵磁裝置)，輸出功率 170 Kw。
- (4) 主電動機：採用具節能、低維護及低噪音之永磁式同步電動機(PMSM)，拆卸簡單，保養容易且因無碳刷裝置並全封閉自冷，發動機內部可保清潔。
- (5) 主變換裝置：包括電磁接觸器、控制單元、輔助電源變頻器及VVVF 變頻器，為一完整的箱體組合。分別控制各主電動機，採自冷方式統一控制主蓄電裝置、發動機-發電機、PMSM 驅動混合動力。

Excellent ECPs of 2011 Diesel Hybrid Shunting Locomotive


Factor 2.62 (1.96 x Environmental Index 1.34) CO₂ emission reduction 15 1/years

Major features	Environmental performances*
Equipped a Series Hybrid system, PMSM and modularized small engine with clean exhaust gas	<ul style="list-style-type: none"> •Reduced 22dB of noise •Attained high efficiency (89 to 97%) •Reduced 36% of fuel consumption •Reduced 62% of NOx emission •Improve maintenance performance

Series Hybrid System "Acceleration Mode"



Joint research with Japan Freight Railway Co. PMSM



Type HD300

* Compared to conventional locomotives(DE-10)

TOSHIBA Leading Innovation JPN Copyright ©2012, Toshiba Corporation 16

圖 22 柴油混合型動力調車機車簡介

1. 開發的目的

(1) 動機：以模組化概念製造機車，期對環保作出貢獻，其目標，如圖 23 所示。

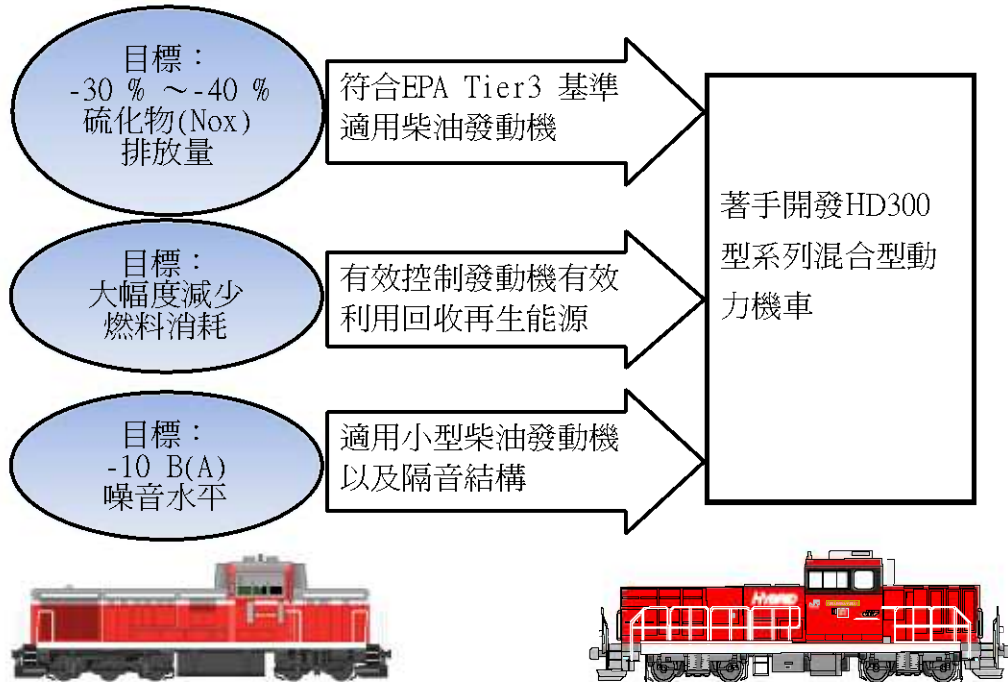


圖 23 混合動力環保機車設計目標

(2) 新(HD300)舊(DE10)型混合動力調車機車環境負荷比較，如圖 24 所示。

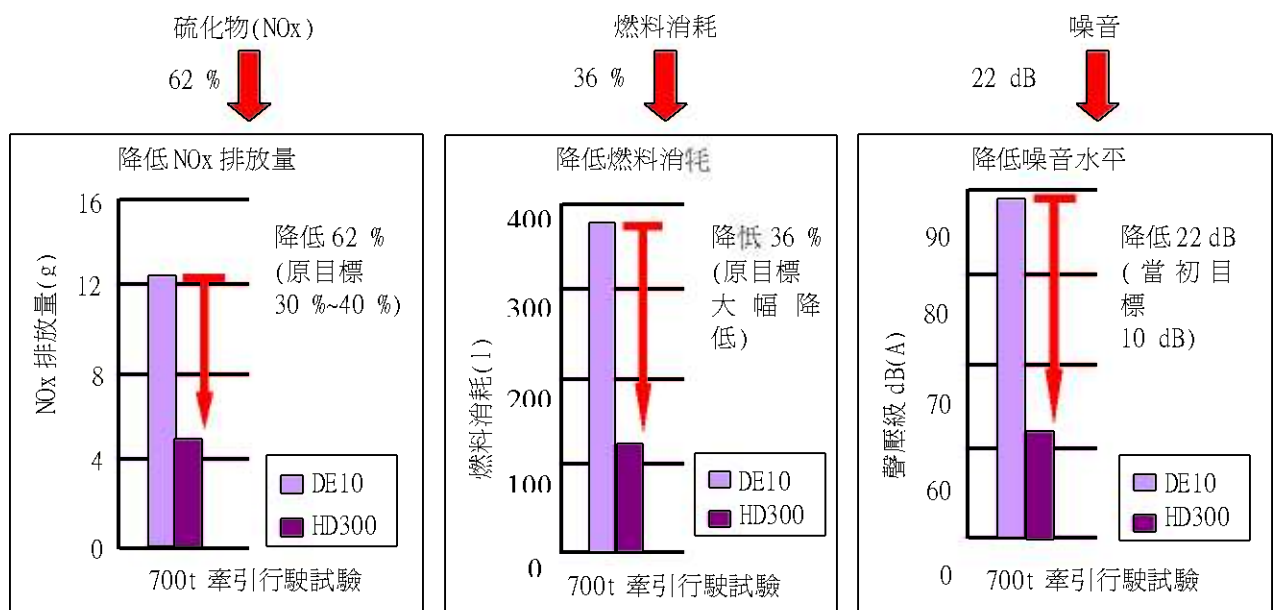


圖 24 新舊型混合動力機車環境負荷比較

2. 混合動力機車(HD300)裝置裝置的組成

(1) 主要規格，如圖 25 所示。

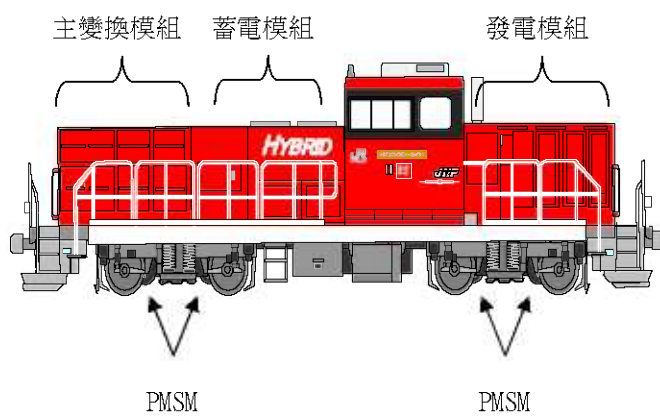


表 2 主要規格

運行整備質量	60 t(軸重 15 t)
軸構成	4 軸(Bo-Bo)
最大牽引力	20 tf(20,260 kgf)
最大輸出功率	500 w
最高行駛速度	40 km/h
車體長	14,300 mm
車體寬	2,950 mm
車體高	4,088 mm

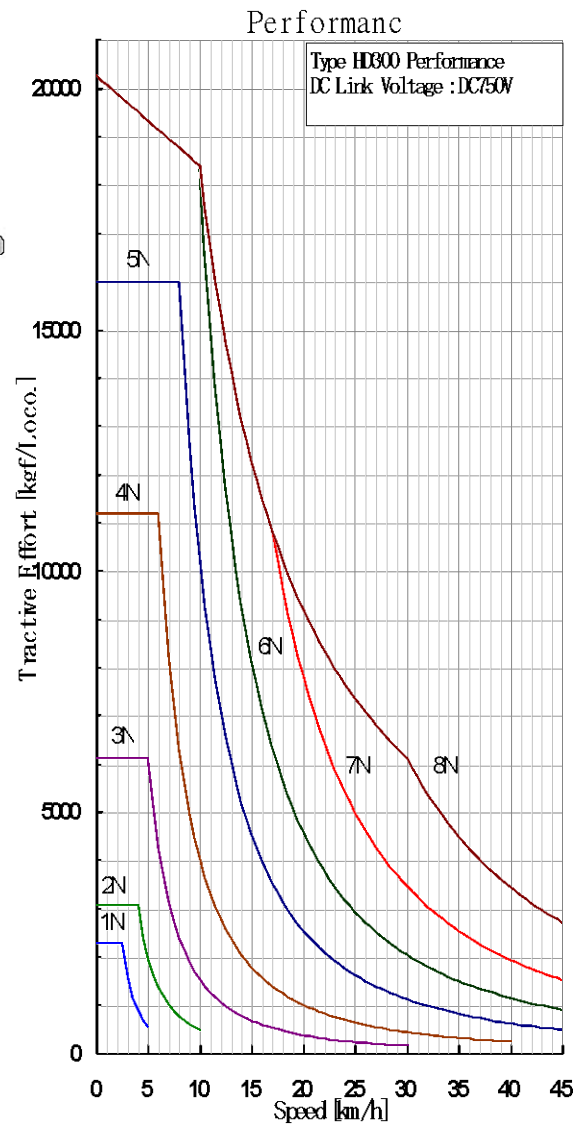


圖 25 混合動力機車(HD300)主要裝置規格

(2) 主回路圖，如圖 26 所示。

A) 主蓄電裝置：直接連接中間直流鏈，作為機車的主動力源。

B) 發動機－發電機：輸出三相交流電壓

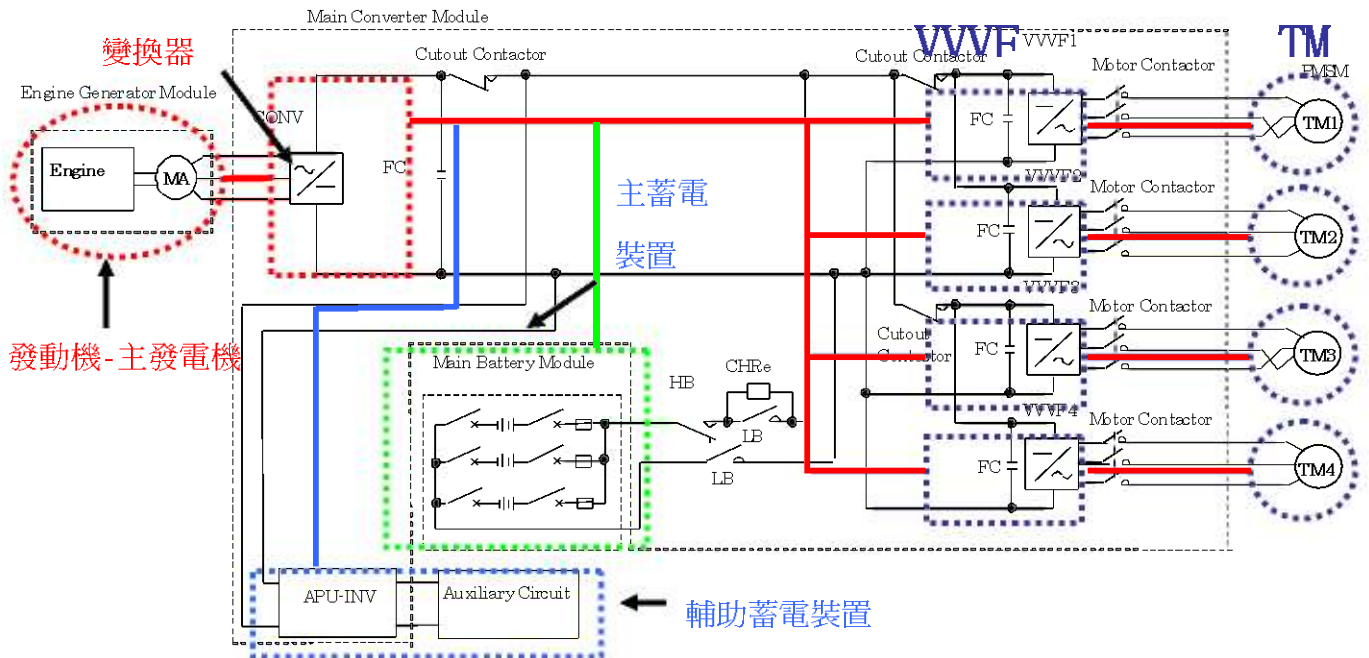


圖 26 混合動力機車主回路圖

(3) 主蓄電裝置，如圖 27 所示。



鋰離子電池

(GSYUASA公司 LIM30H)

公稱電壓：750 V

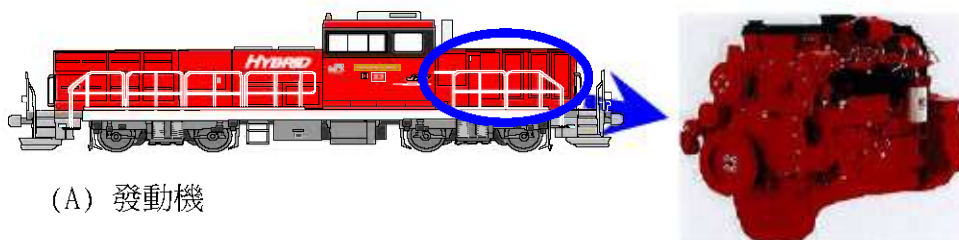
公稱容量：67 kWh

<特性>

- 主動力源
- 可供機車所需的最大輸出功率
- 利用回收再生能源與發動機－發電機進行蓄電
- 20分鐘即可高速充滿電
- 根據所需容量，可在2~5組範圍內進行調整
- 根據將來的需求，可採高性能蓄電裝置

圖 27 混合動力機車主蓄電裝置

(4) 發動機-發電機規格，如圖 28 所示。



(A) 發動機

適用柴油發動機。

額定功率:185kW (最大242 kW)。(EU stage IIIA/EPA Tier3規格)

轉速:1600 rpm (最大1800 rpm)。

(B) 主發電機

方式:三相感應式發電機。

- 小型
- 感應發電機不需要勵磁裝置

圖 28 發動機-發電機規格

(5) 永磁式同步電動機(PMSM)規格，如圖 29 所示。

表 3 主電動機規格表

方式	永磁同步電動機		
相	3 相		
極數	6 極		
冷卻	全封閉式自冷 (無風扇冷卻)		
額定	時間	連續	1 小時
	輸出功率	62kw	80kw
	電壓	440V	
	電流	90A	117A
	rpm	550rpm	
	頻率	27.5Hz	
質量	1246kg		
最大轉速	1244rpm		



永磁式同步電動機的外觀

圖 29 永磁式同步電動機(PMSM)規格

(6) 主電氣變換裝置，如圖 30 所示。

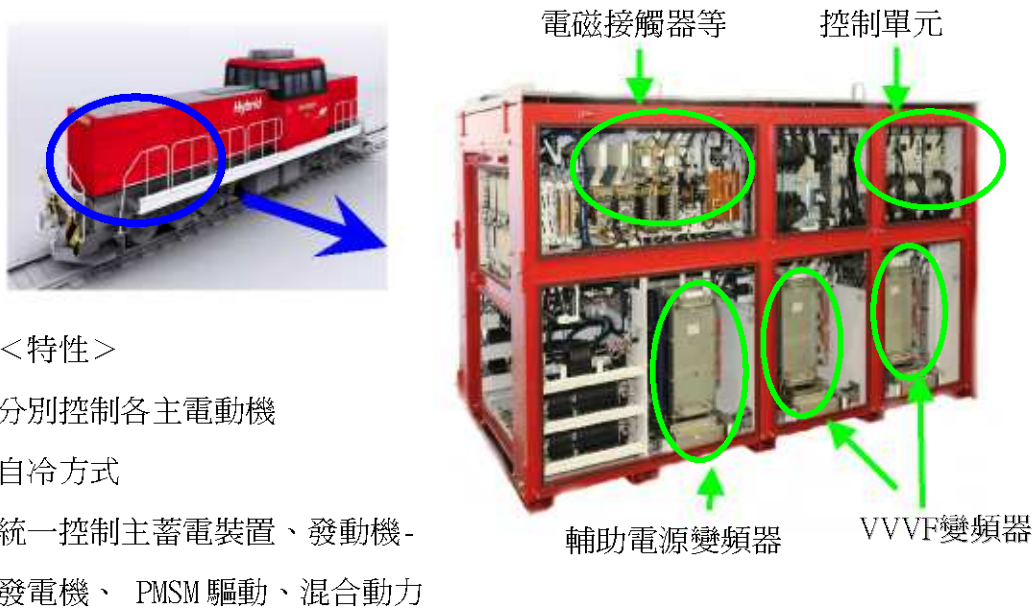


圖 30 主電氣變換裝置

(7) 動力協調系統

主蓄電裝置的電力作為機車的主動力源，最大放電電流：800A (約 600kW)，發動機作為輔助動力源以恆定的轉速進行控制，輸出恆定的電力(170kW)，如圖 31 所示。

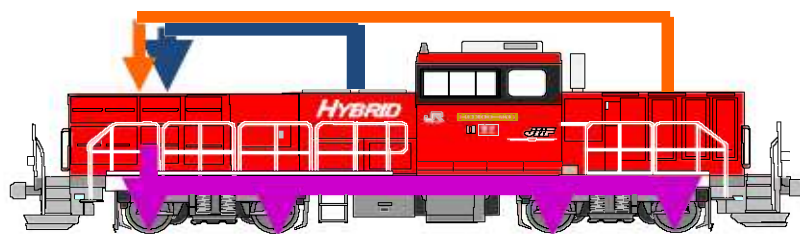


圖 31 主蓄電裝置與發動機—發電機的並列運行控制

柴油混合型動力調車機車(HD300 型)可降低排煙、噪音以及減少燃料消耗之優點，通過 HD300 型的開發，打造混合動力系統的基礎，在此基礎上，不僅可以期待應用於機車技術，還可以應用於其他所有的鐵路車輛。

五、LED 照明設備

1. LED 照明設備概述

(1) 業務和產品分類，如圖 32 所示。

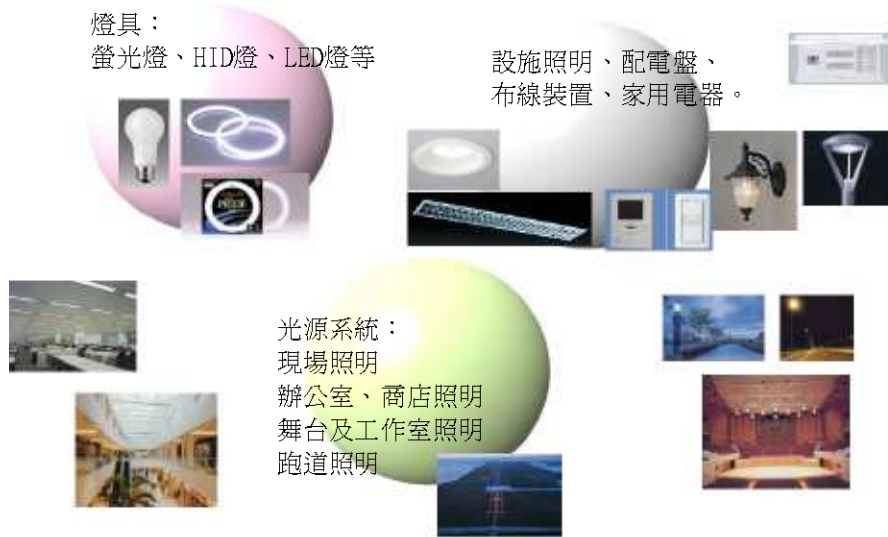


圖 32 業務和產品分類

(2) 白熾燈產業

考慮到二氧化碳排放對環境的危害，東芝株式會社致力於推廣高效能的LED照明產品以替代低效的傳統白熾燈，如圖33所示。



圖 33 白熾燈及 LED 燈比較

(3) 全球節能趨勢

世界各國皆計畫停產白熾燈，日本於2010年停止生產白熾燈，每年減少二氧化碳排放量約50萬噸，如圖34所示。



圖 34 世界各國白熾燈停產計畫

(4) LED 的特點

LED 燈具有 6 大特點，如圖 35 所示。



圖 35 LED 燈 6 大特點

LED 燈的重大效能改進有利於節能和環保，如圖 36 所示。

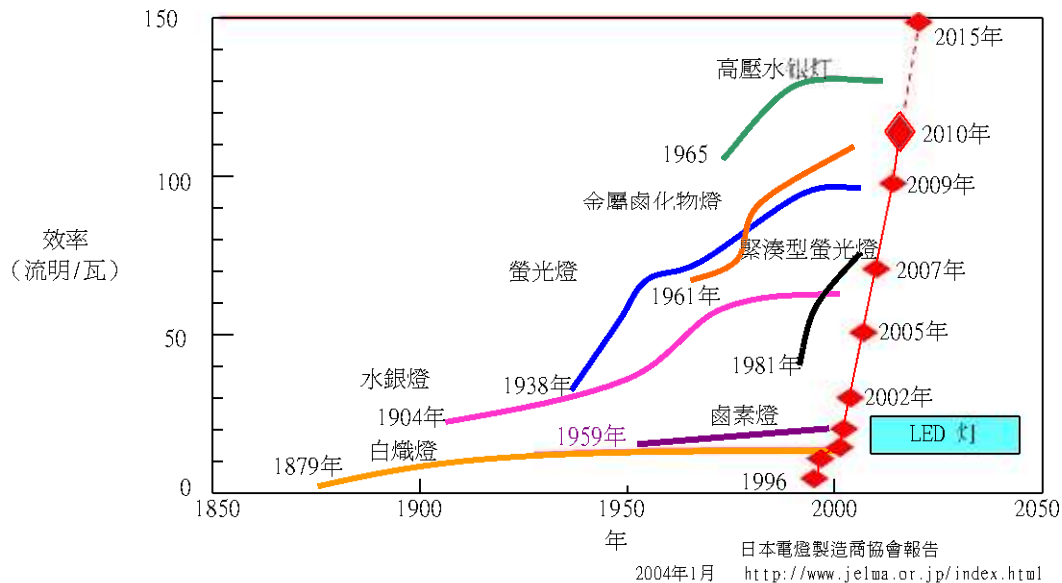


圖 36 LED 燈重大效能改進年度

(5) LED 照明應用，如圖 37 所示。



(6) LED 市場預測

總體市場規模仍舊偏小，但將繼續保持強勁增長態勢 2010 年 2015 年 CAGR 增加 52.4 %，如圖 38 所示。

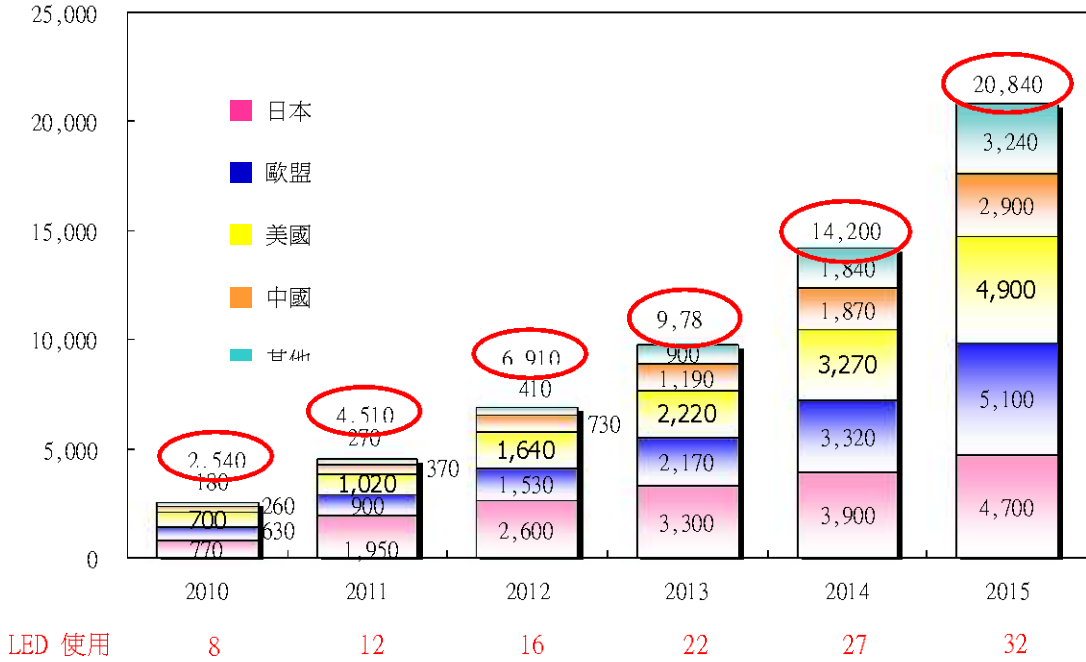


圖 38 LED 市場預測

(7) LED 照明系列產品，如圖 39、40 所示。



圖39 LED系列產品



不僅能夠代替當前照明設備，而且 LED 能夠創造照明新價值

圖 40 LED 燈具發展年代

(8) LED 照明設備應用案例，如圖 41 所示。



圖 41 法國羅浮宮 LED 室外照明

2. 鐵路車輛系統 LED 照明

(1) 鐵路車輛系統照明的概念

LED 照明的核心組件具有節能、照明性更好及使用壽命更長等特點。通過上述核心組件，日本東芝株式會社設計的鐵路車輛系統 LED 燈具希冀實現有形及無形兩目標，如表 4 及表 5 所示。

表 4 LED 燈具無形目標

無 形 目 標	
燈光質量	<ul style="list-style-type: none">• 提供無眩光而自然的視覺環境。• 陰影自然無顆粒感。
可見度可更高	<ul style="list-style-type: none">• 配光角度範圍更廣。• 使得車廂內的監視器、標誌、廣告等更為醒目。
形象整潔 CRI 參數更佳	<ul style="list-style-type: none">• 高對比度白光能夠保持鐵路車輛內部整潔的形象。• 顯色性 Ra70 確保了比螢光燈更高的顏色再現性。

有 形 目 標	
重量輕	組件採用鋁材等輕質材料，使燈具布局緊湊、重量輕。
阻燃外殼	採用新開發的 PC 板加防火有機玻璃纖維布材質的外殼。
安裝更為簡單	採用一體化燈具及最少數量的安裝螺釘設計，極大地降低了安裝工作量。

表 5 LED 燈具有形目標

(2) LED 照明無形要素的特點

配光角度範圍更廣，能夠為拱形天花板和監視器上的廣告或標誌提供更佳之照明，如圖 42 所示。



使用 COB 的 LED 照明以及吊環橫樑周邊效果(左側)使用 SMD 的 LED 照明以及吊環橫樑周邊效果(右側)在使用 COB 的 LED 照明燈光下，吊環橫樑上的投影自然且無顆粒感。



安裝在鐵路車輛上之LED燈具

圖 42 LED 照明無形要素的特點

A) 眩光管理技術

由於 LED 會在較小的發光表面上發出大量的光（高亮度），因此有時其會因為眩光而被詬病，如圖 43 所示。



圖 43 COB 模塊提供自然陰影(左圖)，而 SMD 模塊提供複雜的交叉陰影(右圖)。

B) 平均顯色性 (CRI) Ra

顯色性 = 顯示顏色視覺呈現方式的指數，假設日光或白熾燈泡下所看到的顏色視覺效果為 100（最大值），越接近 100，指

數值越大。傳統鐵路車輛照明所用的 Ra 值為 61（根據日本案例得出的值）。

C) LED 照明有形要素的相關特點

a. 重量減少約20 %

傳統照明設備(含光源)3 千 6 百克，LED 點燈裝置採用集成化設計、使用輕質材料並減少組件數量，為鐵路車輛提供了輕質照明系統解決方案，體積減少約 20 %。

b. 兩點式安裝，具有穩固的抗振性能

使用兩點螺釘固定，通過日本安全標準測試《軌道車輛設備的震動和衝擊測試方法(JIS E 4031)》。由於採了本體、LED 模塊點燈回路一體化的構造，與傳統螢火燈照明設備相比，大大提高了安裝效率，如圖 44 所示。

c. 新材料阻燃外殼

新研製的玻璃纖維布與 PC 板一體化外殼，已通過了針對鐵路車輛部件的燃燒測試。該外殼熔融時不滴落，不破裂，確保了乘客的安全。

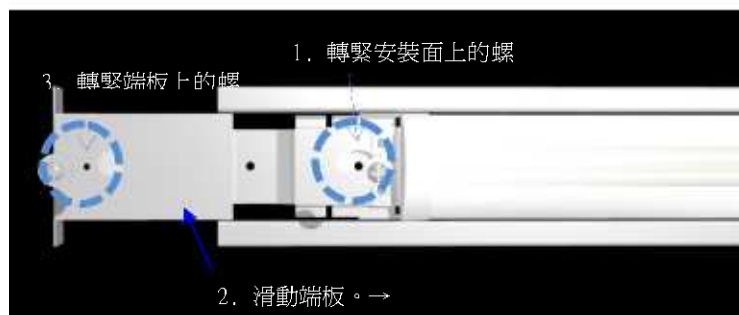
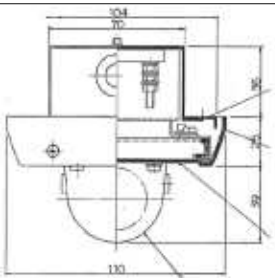
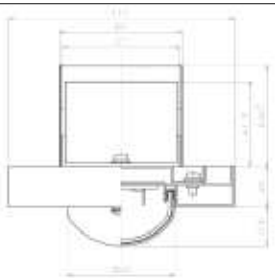
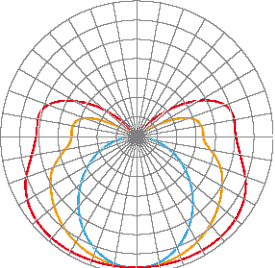
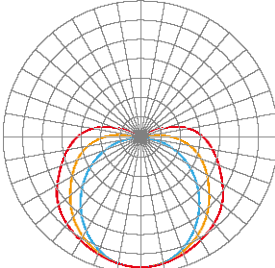


圖44 本體兩點螺釘固定方式

d. 傳統燈具的對比，如表6所示。

表6 傳統燈具及LED燈具功率對照表

	傳統螢燈燈具(A)	LED 燈具(B) 功率為螢光燈燈具的一半， 感覺到的亮度與螢光燈具相同(B/A))		
功率	50 W	25 W	50.0 %	◎
年電費	¥144,540	¥72,270	50.0 %	◎
二氧化碳排放量	2,694 千克	1347 千克	50.0 %	◎
燈具光通量	2680 流明	1430 流明	53.4 %	◎
效能	53.6 流明/瓦	57.2 流明/瓦	106.7 %	◎
色溫	4200 k	5000 k		-
平均顯色指數	Ra61	Ra70		○
光源壽命	12,000 小時 約 2.2 年	60,000 小時，約 11.0 年	500.0 %	◎
光源材料	玻璃+防飛濺膜	PC 板+玻璃纖維布		○
燈具橫切面			<ul style="list-style-type: none"> • LED 具有更好的光分布特性，能確保水平方向的照明度。 	◎
配光特性			<ul style="list-style-type: none"> • 對於拱形天花板，螢光燈照明裝置的照明度更佳。 	○

e. 經濟效益研究，如表7及圖45所示。

表7 傳統燈具及LED燈具經濟對照表

	傳統螢燈具(A)	LED 燈具(B) (相當於螢光燈燈具功率的 50%) (感覺到的亮度與螢光燈具相同)(B/A)		
燈具定價(估算價)	¥13,000	¥43,500	334.6%	×
光源定價	¥500	¥0	0.0%	◎
光源/燈具的壽命	12,000 小時	60,000 小時	500.0%	◎
所安裝燈具數量	24 只	24 只		
日均/年均點燈時間	15 小時/5,475 小時	15 小時/5,475 小時		-
初始成本	¥312,000	¥1,044,000	334.6%	×
光源更換成本	¥6,000	¥0	0.0%	◎
維護成本	¥150,540	¥72,270	48.0%	◎

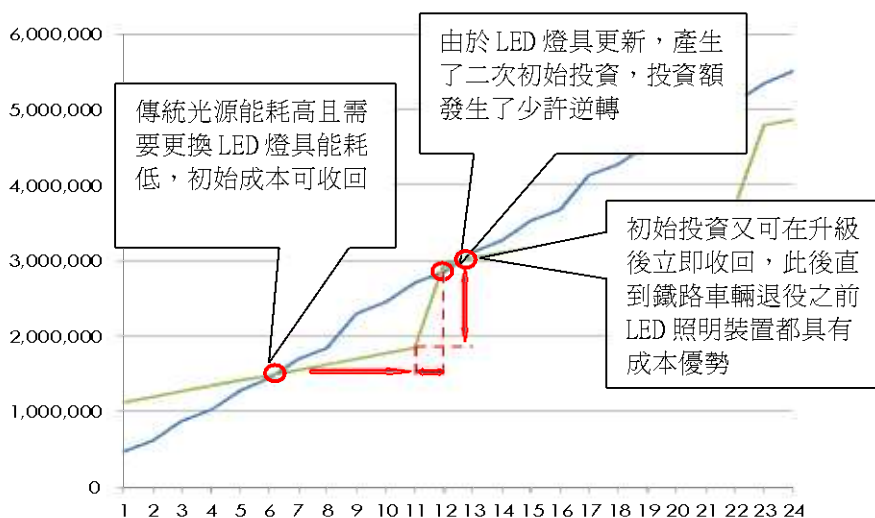


圖45 LED燈具時間及效益比

3. 車站大樓的 LED 照明

(1) 設置地點

先進的 LED 照明產品具高光效、高品質、長壽命等優點，使用範圍可覆蓋各種應用場所，如圖 46 所示。

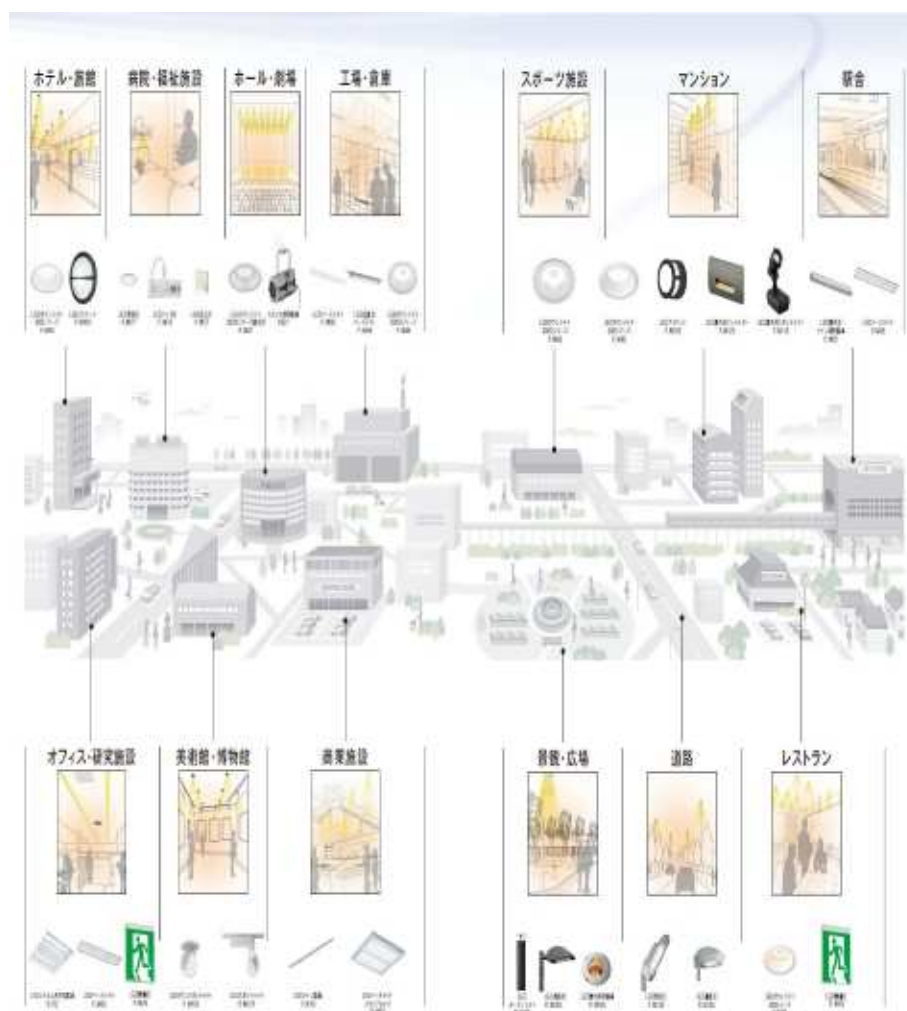


圖 46 LED 燈具應用範圍

(2) 車站大樓工程案例，如圖 47 所示。



圖 47 日本車站 LED 照明工程案例

(3) 站區各區域照明種類規劃，如圖 48 所示。

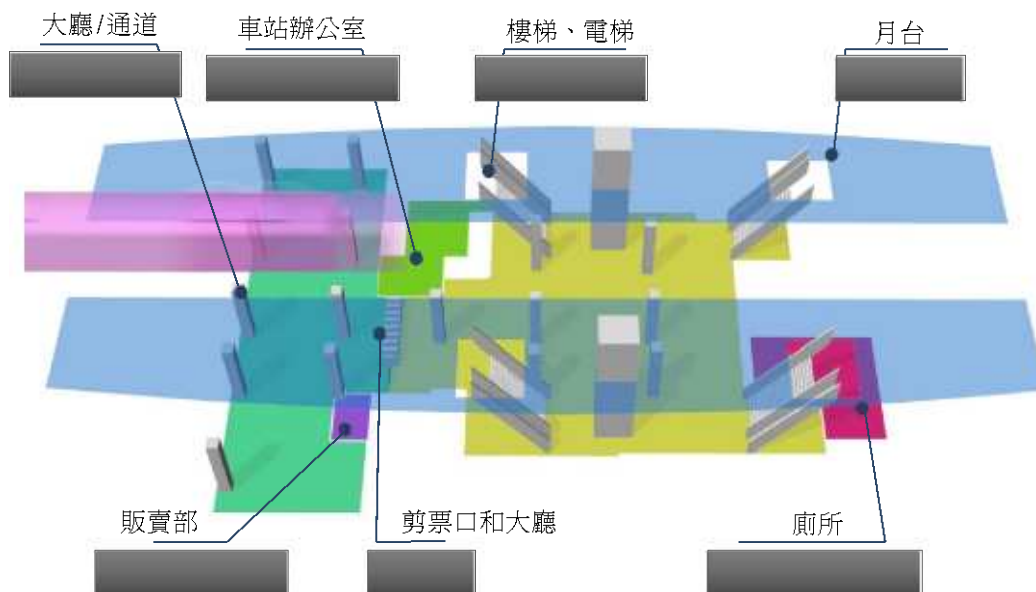


圖 48 車站區域照明規劃

(4) LED 照明系統

初期照度補正功能(Constant Luminous Flux Control)幾乎所有的東芝燈具都具有初期照度補正功能及連續調光的功能，使燈具可保持恆定光通輸出。

不僅僅是使用 LED 光源，所有的燈具設計都以節能為基本設計理念。一般說隨着燈具的使用光通量會降低，但通過增加電源輸入，我們可以使光通量保持在穩定的水平。有了這個功能，整個燈具的光通量，得以容易保持，如圖 49 所示。



圖49 初期照度補正

(5) 車站行政辦公室的照明，如圖 50 所示。

與傳統照明燈具相比較，燈具連接時克服了光線的不連續性，大大的改進了照明效果。燈具兩側發光可照亮天花板，使空間整體感覺明亮。



連結時の光の途切れを軽減。

器具の端部に透過性部材を採用し、従来の品より光の途切れを軽減しています。



蛍光灯器具連結時
FHT-42307N-PNP



薄形LEDベースライト連結時
LEDT-48101W-LDJ(専用の連結部品使用)
※従来品よりも光の途切れが軽減され、
同等の明るさのため、照明感が向上します。

[計算基準]

- 8米x5米/ 安裝高度3米
- 反射/天花板：70 %、牆壁：50 %
地板：10 %
- 維修率：螢光燈照明0.69、LED照明0.77
- 年照明時間：7 300小時 ●電源：200 V
- 估計電費：22日元/千瓦時（含稅）。
不包括燈具更換工作的勞動費用等



圖 50 行政區域照明基準及效益

表 8 行政區照明經濟效益比較

燈具 型號名稱	Hf32 Wx2 FHT-42414-PN9	LED 超薄吸頂式照明 LEDT-48101 W-LDJ
		
安裝台數	12	12
照度分布圖		
平均光照度	831 lx	828 lx
耗電量/單元(平均)	65 W	48 W
初始費用	¥336,000	¥441,600
運作費用	¥145,708	¥92,506
初始+運作費用 (10 年)	¥1,793,080	¥1,366,656

(6) 樓梯和電扶梯的照明，如圖 51 所示

高天井燈(LED)使用壽命可長達 60,000 小時，減少了售後維修，可瞬時點燈且可頻繁開關電燈，照明基準及效益如圖 50 及表 9 所示。

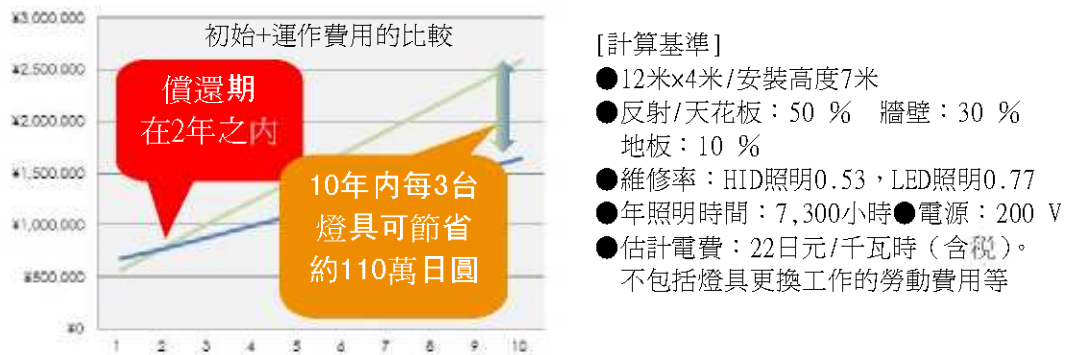


圖51 梯間照明基準及效益

表9 梯間照明經濟效益比較

燈具	HID 高天井灯 400W	LED 高天井燈
型號名稱	SN-4044A(MF400L-J2/BU-P)	LEDJ-20023W-DJ2
		
安裝台數	3	3
照度分布圖		
平均光照度	367 lx	370 lx
耗電量/單元(平均)	415 W	200 W
初始費用	¥340,200	¥558,000
運作費用	¥224,220	¥96,360
初始+運作費用 (10年)	¥2,582,395	¥1,521,600

(7) 通道的照明

用於通道照明，利用瞬時點燈的優勢，停電後再啓等時可瞬間點亮，達到節能的目的。高天井筒燈相當於HID 400 W高天井燈，消耗功率減少52 %，減少了售後維修。與傳統HID相比較可減少能耗，照明基準及效益如圖52所示。


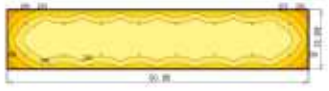
[計算基準]

- 50米x10米 / 安裝高度9米
- 反射/天花板：50 % 牆壁：30 % 地板：10 %
- 維修率：HID照明 0.47，LED照明0.77
- 年照明時間：7,300小時 ● 電源：200 V
- 估計電費：22日圓/千瓦時（含稅）。
不包括燈具更換工作的勞動費用等



圖52 通道照明基準及效益

表10 通道照明經濟效益比較

燈具	HID400W 高天井筒燈	LED 高天井筒燈
型號名稱	DD-40188(MF400L-J2/BU-P)	LEDD-20023 W-DJ2
		
安裝台數	16	16
照度分布圖		
平均光照度	304 lx	346 lx
耗電量/單元 (平均)	415 W	200 W
初始費用	¥2,493,600	¥3,824,000
運作費用	¥1,195,837	¥513,920
初始+運作費用(10年)	¥14,451,973	¥8,963,200

(8) 剪票口和大廳的照明

為剪票口和站內大廳提供高效優質的照明,較低的耗電量節省了運作費用,更長的使用壽命,降低維修頻率及費用,照明基準及效益如圖53及表11所示。

[計算基準]

- 30米x20米/安裝高度4.5米
- 反射/天花板: 50 % 牆壁: 30 %
地板: 10 %
- 維修率: CDM 照明0.61, LED照明0.6
- 年照明時間: 7,300小時 ● 電源: 200 V
- 估計電費: 22日圓/千瓦時(含稅)。
不包括燈具更換工作的勞動費用等

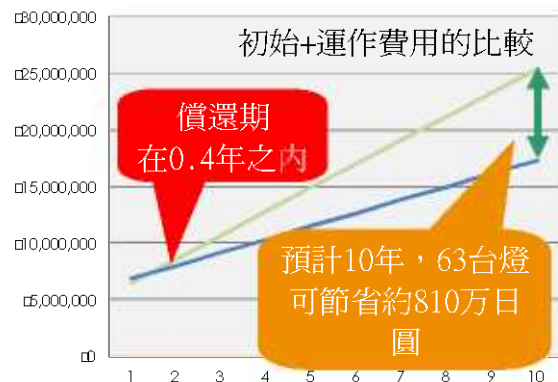


圖53 剪票口及大廳照明基準及效益

表11 剪票口及大廳照明經濟效益比較

燈具	CDM150W 筒燈	LED 筒燈 9000 系列
型號名稱	DD-15113K-PN9	LEDD-90003 W-LD9
		
安裝台數	60 Units	63 Units
照度分布圖		
平均光照度	304 lx	346 lx
耗電量/單元(平均)	415 W	200 W
初始費用	¥2,493,600	¥3,824,000
運作費用	¥1,195,837	¥513,920
初始+運作費用 (10年)	¥14,451,973	¥8,963,200


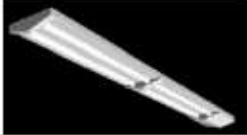
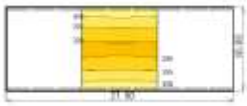
(9) 月台的照明

LED照明提供更佳的照明解決方案，以滿足各車站月台的需要，照明基準及效益如圖54所示。



圖54 月台照明基準及效益

表12 月台照明經濟效益比較

燈具	FLR110Wx2	LED 月台照明
型號名稱		
		
安裝台數	480	480
照度分布圖		
平均光照度	354 lx	311 lx
耗電量/單元(平均)	225 W	81 W
初始費用	特別訂購	特別訂購
運作費用	¥18,162,400	¥6,244,128
初始+運作費用(10年)	¥181,624,000	¥62,441,280

(10) 洗手間的照明

給人以清潔舒適感的衛生間照明：(a) 光源可更換燈具維修方便；

(b) 可根據需求選擇光源：顯色性，照度，照明基準如圖55所示。

[計算基準]

- 7米x4米/安裝高度 2.5米
- 反射/天花板：50 %；牆壁：30 %；地板：10 %
- 維修率：螢光燈照明0.63，LED照明0.6
- 按照明時間：7,300小時 ● 電源：200 V
- 估計電費：22日元/千瓦時（含稅）。
不包括燈具更換工作的勞動費用等

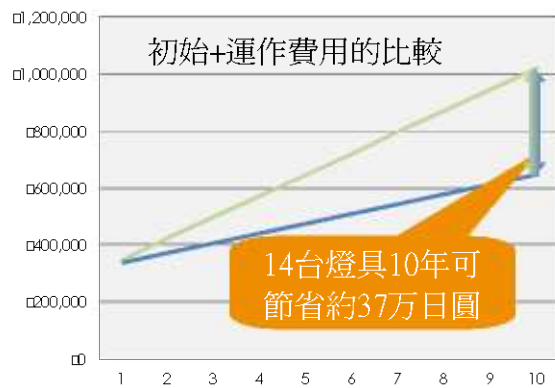


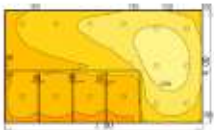
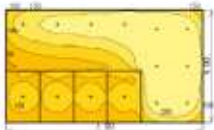


圖55洗手間照明基準及效益

表13 洗手間照明經濟效益比較

燈具	FHT24W 筒燈	光引擎 1100 系列 筒燈
型號名稱		
		
安裝台數	14	14
照度分布圖		
平均光照度	124 lx	171 lx
耗電量/單元 (平均)	25 W	15.2 W
初始費用	¥274,400	¥305,200
運作費用	¥74,606	¥34,176
初始+運作費用(10年)	¥1,020,460	¥646,957

六、超電力離子電池(SCiB)

超電力離子電池；SCiB(Super Charge ion Battery)是東芝株式會社(Toshiba)新開發的高功率電池，採用鋰鈦氧化物為負極材料，具有相當穩定的負極介面，使得該電池擁有使用壽命長、電流充放電能力強、安全性高等優點，並無爆炸、燃燒等危險性，均較目前熱門產品磷酸鐵鋰電池更為優異，其中可以 5 分鐘快速將電池充飽到 90 %以上的性能特點，正可解決電動車長期發展所面臨的充電關鍵問題。

SCiB 採用一種新的負極材料，具備高水準的耐熱穩定性、高燃點的電解質，以及防止內部短路與熱度上升的架構。目前 SCiB 產品是以 10 個串聯排列的 4.2 Ah 電池芯、結合電池管理系統的模組形式供應，經過 3,000 次快速充放電後，電量損失不到 10 %；能承受 6,000 次已上的充放電週期。除了電動腳踏車、機車、電動導覽車、搬運車及建築工具等已經使用可充電電池的設備，SCiB 也可應用於電力再生設備、緊急電源與風力發電系統等。此外也計畫開發更高性能的 SCiB 電池芯以因應混合動力汽車及電動汽車的需求。

SCiB 充電電池具備高安全性，有別於一般的鋰鐵電池，採用化學性穩定的氧化鈦與鋰錳等材質製成陽極板，穩定性優異，在碾壓測試下，即便電池內部正/負極間的隔膜破裂造成短路，電池依然無燃燒或爆炸之虞。此外於弱電狀態下的 SCiB 電池，充電 6 分鐘可恢復 80 %的電力！充電 15 分鐘可達到滿電狀態，充電效能約為一般電池的 6 倍。壽命方面，經過 6,000 次的衝放電後，SCiB 電池仍具備 80 %以上的電容量，壽命相當長，耐久性可達 10 年以上。

此電池還有一個特性就是耐低溫，最佳工作溫度為 25 °C 以上，相較於 25 °C 狀況下的電容量表現，於-30 °C 低溫仍具備 80 %的電容量！雖然 SCiB 電池的電容量並不高，但是從高安全性、長壽命、抗低溫等特性來看，未來極具競爭力。SCiB 是確保很高的安全性的基礎上，經過了 6,000 次的耐久測試而且具有快速充電性能，高功率性能，低溫運行等諸多優秀功能的可充電電池，相關數據，如圖 56 所示。



	SCiB Cell	SCiB Standard Module
Name	-	TBP Series
Nominal Voltage	2.4V	24V
Nominal Capacity	4.2 ampere hours (Ah)	4.2 ampere hours (Ah)
Size	Approx. 62 x 95 x 13mm	Approx. 100 x 300 x 45mm
Weight	Approx. 150 grams	Approx. 2000 grams

圖 56 超電力離子電池規格

超電力離子電池(SCiB)的應用：把可充電電池搭載於車輛或地面，如

1.和變電所供給的電力混合使用；2.和柴油機混合使用，如圖 57 所示。

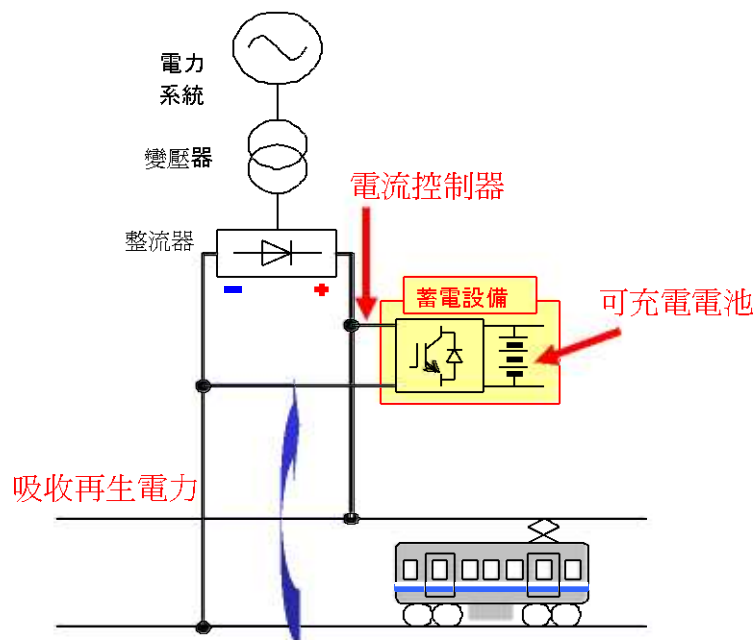


圖 57 超電力離子電池(SCiB)的應用

1. 長壽命性能

超電力離子電池(SCiB)TM 經過 6,000 次的充放電後，仍具備 80 % 以上的容量，如圖 58 所示。

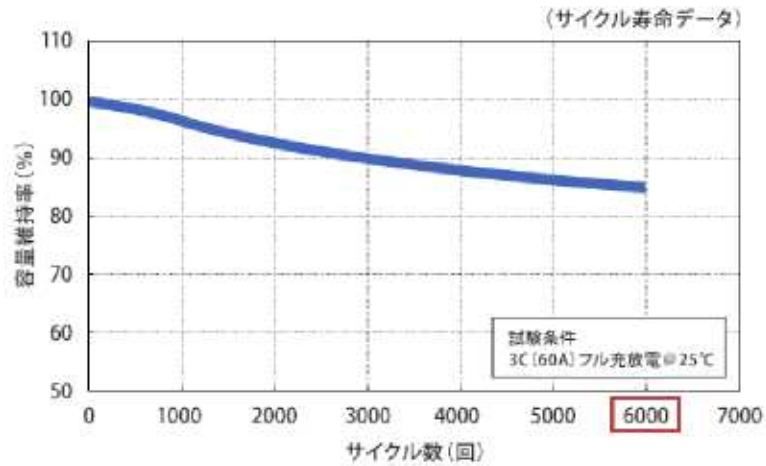


圖 58 充放電容量

2. 急速充電性能

超電力離子電池(SCiB)TM 充電 6 分鐘可恢復 80 % 以上的電池容量，如圖 59 所示。

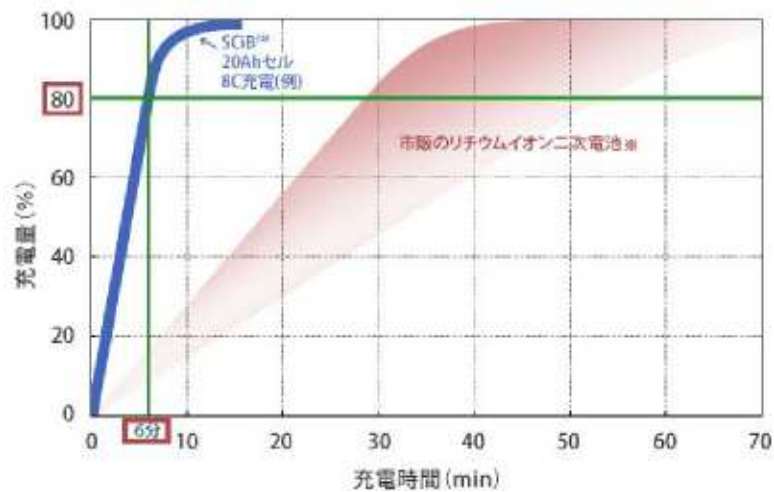


圖 59 急速充電能力

3. 低温動作性能

超電力離子電池(SCiB)TM於-30℃的低温環境仍具備80%的電容量，如圖60所示。

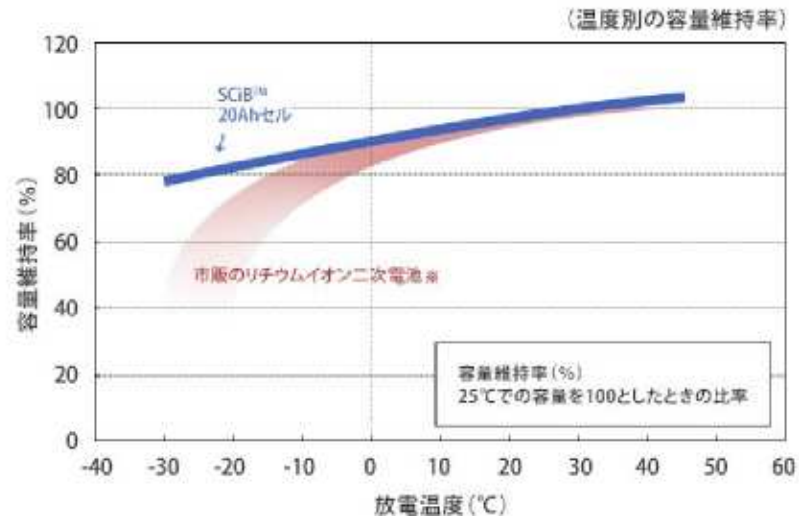


圖 60 低温電容維持率

肆、參訪活動

一、東日本鐵路株式會社研究開發中心

東日本鐵路株式會社總員工人數 59,650 人，營運公里數 7,512.6 公里，每日開行 12,732 列次，載運 1,659 萬人次，車輛數 13,104 輛(機車 1,207 輛，客車 10,727 輛)，收入 25,373 億元，其中 70 % 為本業收入。會社設有研究開發中心，位於埼玉縣，主要為負責車輛技術研究開發。本次研習由環境部門工程司說明該株式會社節能車輛發展與技術原理；該中心於 1992 年制訂 3 個環保方針：(1)提供旅客舒適的軌道車輛搭乘環境；(2)致力於地球環境保護；(3)提升員工的環保意識。

東日本鐵路株式會社於 1990 年即開始研究發展及引進各種節能車輛，並得到顯著的成果，統計至西元 2010 年止之節能車輛已由西元 2000 年的 28 %，提升至 88 % 比率。該會社研究開發效益的目標計有下列 4 項：(1)追求極致安全；(2)提高安定性及可靠度；(3)擴大創造市場；(4)提升對地球環境的貢獻，積極引進先進之技術以強固鐵道技術。

安全之中期計畫是在意外萌芽時即予以防止，本次研修參訪之東日本鐵路株式會社研究開發中心，其安全研究所為加強預防意外之發生，對於追求極致安全一項進行了安全及鐵道防災技術方面之研究。其調查分析採 4M【人員(Man)、機械(Machine)、環境(Media)、管理(Management)】4E【教育(Education)、工程(Engineering)、環境(Environment)、強制(Enforcement)】手法，對於要因進行多方分析，務求防範事故於未然。

二、財團法人海外產業人材育成協會 (THE OVERSEA HUMAN RESOURCES AND INDUSTRY DEVELOPMENT ASSOCIATION : HIDA)

日本國財團法人海外產業人材育成協會接受該國經濟產業省委託辦理針對各國有關節能技術之研修，實施之目的為將在日本已商業化之車輛節能技術及產品向參予研修人員講解且參觀訪問產品製造工廠以及鐵路事業單位。此次研修活動最後由日本國經濟產業省大臣官房 企劃官 菅原忠先生及貿易經濟協力局柴谷 昌宏先生主持結業儀式，為活動劃下句點。

三、永磁式同步電動機（PMSM）用戶-東京地鐵株式會社(中野車輛基地)



中野基地（1）



中野基地（2）



車輛維修現場



永磁同步電動機 VVVF 控制箱（1）



永磁同步電動機 VVVF 控制箱（2）



永磁同步電動機 VVVF 控制箱（3）

四、LED 燈具工廠



LED 燈具工廠 (1)



LED 燈具工廠 (2)



LED 燈具工廠 (3)



LED 燈具工廠 (4)



LED 燈具工廠 (5)



LED 燈具工廠 (6)



LED 燈具工廠 (7)



LED 燈具工廠 (8)



LED 燈具工廠 (9)



LED 燈具工廠 (10)



LED 燈具工廠 (11)



LED 燈具工廠 (12)

肆、心得

眾所週知，日本擁有先進之節能技術，其能源利用效率領先國際水準，此次研修之主要內容一是瞭解和學習日本對軌道車輛之節能方法；二是瞭解及學習日本軌道車輛之節能工作機制。此次研修日程安排緊湊，先後走訪參觀生產及使用節能設備之工廠暨軌道車輛運營單位，了解節能產品應用於軌道車輛之現況及應用產品生命週期對軌道車輛產生之附加價值。

日本的鐵路行業如今處在劇烈的環境變化之中。對節能要求嚴格是重大變化之一，鐵路企業很早以前就開始致力於節能，與其他交通工具相比，鐵路的人均運輸能耗原本就比較低，例如新幹線的人均運輸能耗只有飛機的1/25。鐵路運營業者爲了提高乘客的乘坐舒適度，加設各項服務設施，但車輛之耗電量亦隨之增加，爰此車輛製造廠及運營單位積極採用了削減耗電量的技術，例如採用 LED 照明。不只是照明，電動機亦實現了高效率化，採用的是比普通感應電動機效率更高的永磁式同步電動機。另採用使用新材料 SiC(碳化硅)製成之功率半導體以驅動電動機，或是作爲電池充電時之控制組件或供給電力。與使用 Si(硅)的現行功率半導體相比，使用 SiC 的功率半導體能夠大幅降低電力損耗，東芝株式會社於 2011 年 12 月發布了使用 SiC 功率半導體的逆變器應用於軌道機車車輛上，實現零組件之小型化目的。

在車輛之外的領域，車站等附屬設備的耗電量亦爲一重大議題，東日本旅客鐵路株式會社於 2010 年度的總銷售額中，車站耗電量占總用電量約 20%，並呈現逐年遞增的趨勢，爲了減緩此趨勢，鐵路運營商開始於車站採用光伏發電系統和 LED 照明等，站台和大堂的照明、顯示站名等信息的電子顯示器及乘務員所用監視器的背景光源也採用 LED，而根據情況控制 LED 照明還可以進一步省電。通過採用照明控制系統，耗電量預計將減少約 50%。照明在整座車站耗電量中所占的比例約爲 50%，由此計算，整體耗電量大約可減少 25%。從 SiCB 變頻器和永磁式同步電動機 (PMSM)、蓄電系統、無線供電及 LED 照明等能源部份，以至數位電子看板、位置資訊技術和高速通訊等先進技術開始被導入至鐵路基礎建設，日本的鐵路營運業者肩負著必須

將下一代能源技術與資通訊技術開花結果的重責大任。

節能環保是軌道車輛的特色，臺鐵局新購城際客車及空調通勤電聯車導入多項節能技術及設備，例如採最新自動控制再生電軔技術及粉末冶金煞車材料，節省動力能源消耗及提高列車煞車效能，逐步引入綠色環保運輸概念應用於機車車輛製造。

伍、建議事項

1. 為符合環保、節能的新世代需求，建議將「代辦鐵工局桃園段高架化建設計畫」中之桃園、內壢、中壢 3 站及其他 4 個通勤車站共 7 站全面採用 LED 燈具，但仍請規劃、細設及監造依據「LED 照明標準」(草案已擬定待公布後施行)制定規範，並就下列等問題審慎評量：
 - (1) 炫光。
 - (2) 光衰期過快
 - (3) 照度侷限於狹小空間。
 - (4) 高功率 LED 燈之散熱。
 - (5) 價格。
 - (6) 材質防火等級。
2. 樂見具有更快速充電性能、更長壽命、重量更輕、更加環保、安全的新一代能源電池〈SCiB〉誕生，並開始商業運轉，讓我們在鋰鐵電池與鋰離子上多 1 種選擇比較，仍期待具有更大容量電池製造量產〈目前僅在電動機車、電動自行車與國內廠商有技術合作案〉，待產品成熟、價格合理並符合國家採購法規下，得以取代現有之鉛酸電池，以符世界潮流。

隨著新型高功率和快速充電電極材料技術持續演進，鋰電池可望成為電動車電源技術的大勢所趨，隨著石油價格不斷的升高，全球暖化及溫室效應現象，使得綠色環保等議題受到全世界各國的重視，其中電動車輛的開發與應用也是一大熱門話題。

近年來日益惡化的全球暖化現象及石油危機，迫使人類尋求節能、環保的替代能源，現階段發展高功率鋰電池已應用於電動車輛，是環保及節能領域最重要的一環。鋰離子二次電池具有工作電壓高(3.4~3.8 V)、能量密度大(>185 Wh/Kg)、重量輕、壽命長及環保性佳等優點，目前已大量應用於 3C 電子產品與部分高功率產品。東芝株式會社開發出安全性佳，且經由反覆快速充電亦具有 10 年以上壽命的鋰電池超級充電離子電池(SCiB)，並從 2008 年 3 月開始量產採用鋰鈦氧化物(Li₄Ti₅O₁₂)負極材料的鋰電池，應用於大功率、長壽命的產

業設備及電動車市場。東芝此次開發的鋰離子充電電池特點是具有快速充電、循環壽命長、安全性佳等；除了負極材料採用鋰鈦氧化物，並配合使用難燃性電解液與耐熱性隔離膜，以達到在內部短路時也不易發生熱失控、破裂及著火等安全問題。其電池循環壽命，在快速充放電條件下(25 °C、10C@42 A 充電、15 A 放電)，即使反覆充放電約 3,000 次，容量也只降低不到 10 %，因此電池可反覆使用 10 年以上。此外，以 50 A 之大電流進行快速充電，電池與電池模組可在 5 分鐘充電 90 %以上。電池電容量為 4.2 Ah、工作電壓為 2.4V、外形尺寸約為 62 mm□95 mm□13 mm、重量約為 150 g、電池能量密度約 67 Wh/kg (131.6 Wh/L)。

日本東芝株式會社開發具高安全性鈦酸性(LTO)、高效率回生、長壽命、急速充電、耐低溫及廣充電率鋰電池，但對於負極會有鋰釋出問題，有造成爆炸危險，因此執行相關測試如鐵釘刺入及擠壓等測試，以確保電池使用之安全性。該公司目前成功開發 27.7 V, 40 AH, 1.1 KWh 電池單體，以 27 個串接成爲 750 V 電池組，使用於三菱汽車之 i-MiEV “M”，MINICAB - MiEV 上，以 10.5 kWh 做爲驅動電池。

未來鋰電池技術發展趨勢朝向高容量與高功率化、高安全性以及薄型與可撓化方向邁進，觀之國內發展鋰電池雖已逾 10 年以上，惟鋰電池產業一直在中國大陸及日韓狹縫中求生存，面臨產能規模太小、生產成本高、高級材料取得不易、電池及系統應用之整合度低等問題，爰前一代鋰電池已無法改變，產業及學術界應當努力往第二及第三代鋰電池開發，方可掌握未來更多可攜式電源或動力來源。

近 50 年來於電池工業有鉛酸、鎳鎘、鎳氫、鋰鈷、鋰錳、鋰鐵電池陸續量產並商轉，其下爲電池特性比較表及特性說明，各類電池如表 14~表 16 所示：

表 14 過去 50 年全球電池產業主要二次電池特性比較表

	鉛酸電池	鎳鎘電池	鎳氫電池	鋰鈷電池	鋰錳電池	鋰鐵電池
商品化時程	1956 年	1990 年	1990 年	1992 年	1997 年	2004 年
安全性	佳	佳	佳	差	尚可	優
是否為綠色產品	否	否	是	是	是	是
專利保護情況	無	無	無	無	無	有
適應高溫特性	佳	佳	佳	尚可	極差	佳
記憶效應	否	是	是	否	否	否
工作電壓	2 V	1.2 V	1.2 V	3.7 V	3.7 V	3.3 V
克電容量 (mAh/g)	N/A	N/A	N/A	140-160	105-110	160
體積能量密度 (Wh/L)	100	150	250	466	285	255
重量能量密度 (Wh/kg)	30	57	80	167	110	115
放電功率(W/kg)	300	855	800	320	400	2,000
循環壽命(cycle life)	400	500	500	>500	>500	>1,500
使用壽命(假設 每天充電 1 次)	1 年	2 年	2 年	2 年	2 年	5-6 年
能量效率	60 %	75 %	70 %	90 %	90 %	95 %
所需充電時間 (hrs)	8	1.5	4	2-4	2-4	0.5-1
自放電率(電池 不使用的每月自 我損耗速度)	20 %	30 %	35 %	4 %	4 %	4 %

表 15 鋰鐵電池與鉛酸/鎳鎘電池之比較

	鋰鐵電池	鉛酸電池	鎳鎘電池
放電功率 (W/Kg)	2,000	300	855
溫度使用範圍	-20 °C~80 °C	-10 °C~50 °C	-50 °C~90 °C
保養	乾式，不需加電解液	免保養-損壞直接換 需保養-定期加純水	定期加電解液及定期期充放電
回收	不需回收	需回收	回收費用高
環保問題	沒有環保問題	需要回收處理，以免造成環境污染	鎘為高污染金屬，需要回收處理，以免造成環境污染
電池狀態監測	具 BMS，可針對單顆電池芯作監測跟更換	定期人工測試，損壞僅能整組更換	定期人工測試，損壞僅能整組更換

表 16 市面上鋰鐵電池特性

高放電率	高達 20C 的大電流放電性能，是其它類鋰電池或傳統鉛酸電池的 5~8 倍
快速充電	高達 4C 的大電流充電性能(15 分鐘充電 70%)，是其它類鋰電池或傳統鉛酸電池的 8~16 倍
超長壽命	高達 2,000 次以上的循壽命，是其它類鋰電池或傳統鉛酸電池的 3~7 倍
最高電壓	從基本 12 V 至最高電壓達 144 V，可以最快速方式串、並聯，適合多種應用
綠色環保	採用最新材料磷酸鋰鐵，電池內無重金屬成分，對環境友善無污染
高安全性	是最安全的鋰電池，不燃燒、不爆炸、完全沒有其它類鋰電池用於手機或筆電所產生的爆炸情況
重量更輕	比傳統鉛酸電池少了 50 % 以上的重量，運輸搬運更便捷
適溫性佳	-20 °C~+80 °C，應用範圍更廣



臺鐵大樓 3 樓直流電源供應設備(SMR)



閥調式鉛酸電池 1400AH(600A*1H*24 只) x2 組(79 年建置使用至今已 22 年)



臺鐵局全電子式自動交換機(由 SMR 供電)



板橋車站 UPS



板橋車站 UPS 電池組

陸、課程剪影



結業留影



上課情形 (1)



上課情形 (2)



上課情形 (3)



授證



贈送紀念品-1



贈送紀念品-2



贈送紀念品-3