

新北市政府113年度自行研究報告

捷運系統中分散式供電與集中式 供電之差異分析

研究機關：新北市政府捷運工程局

研究人員：廖柏諺

研究期程：113年1月1日至113年12月31日

新北市政府113年度自行研究成果摘要表

計畫名稱	捷運系統中分散式供電與集中式供電之差異分析
期程	自 1 1 3 年 1 月 1 日 至 1 1 3 年 1 2 月 3 1 日
經 費	無
緣起與目的	近年來，捷運系統作為一種快速、環保的大眾運輸工具，已經在眾多城市中得到廣泛應用。然而，在捷運系統的運作中，供電系統的設計方式對整體系統性能有著直接的影響。 其中，分散式供電與集中式供電是兩種常見的供電模式，其差異影響著系統的可靠性、傳輸效率、用地需求影響、技術與建設成本等多個面向。 因此，本研究的主要目的在於深入研究分散式供電與集中式供電之間的差異，這對於優化捷運系統的運作具有重要的理論與實務價值，透過深入分析兩者之間的差異，探討其對系統運作的影響以及在不同環境條件下的適用性。 藉由本研究期望能夠提供捷運系統規劃者與營運者有價值的參考，以優化供電系統的設計與管理，並提高捷運系統的整體運作效能。
方法與過程	首先，本研究將探討分散式供電與集中式供電的基本原理，透過對兩種供電模式的基礎理論進行比較，將能夠更全面地理解它們的異同點。

	再者，透過分析分散式供電和集中式供電的差異，將評估分散式供電和集中式供電在捷運系統中的實際效能表現。尚包括傳輸效率、系統可靠性及對技術與建設成本的影響等方面的比較分析。 最終透過本研究，期望為捷運工程的供電架構選擇提供實質的參考依據，同時為捷運工程可持續發展提供有價值的研究成果。
研究發現及建議	在比較分散式與集中式供電模式時，發現分散式供電因可選擇距離主線較近的台電變電所直接引供，可減少電力輸送距離，降低線路損耗，以提高傳輸效率。同時，因其供電點分散，系統抗單點故障能力佳。又此供電方式無需額外設置主變電站，故其用地需求面積小，技術與建設成本相對較低，在中小規模的捷運系統或資源有限的情境下，成為一種具成本效益的選擇。 相對地，集中式供電模式可透過提升輸送電壓使線路的電流減小，以減少在線路上電能的損失，但此種方式需額外設置主變電站以降壓供捷運系統使用，且此主變電站一旦受損可能導致大規模停電，故設計上必須考慮備援以降低風險。此種供電方式雖因其用地及技術與建設成本需求較高，但其強大的電力供應能力使得能夠輕鬆應對捷運系統的高運量負載需求，特別是在系統擴展或尖峰時段，依然能保持系統運作穩定性。

	綜上所述，建議在中小規模的捷運系統或資源有限的情境下，可採用分散式供電，並在高運量負載需求區域可採雙迴路集中式供電以增強供電可靠性。
備 註	

目錄

壹、摘要.....	1
貳、主旨、背景說明及研究方法.....	2
參、分散式供電在捷運工程的應用概述.....	5
肆、集中式供電在捷運工程的應用概述.....	9
伍、結論與建議.....	14
陸、參考文獻.....	17

圖目錄

圖 1-集中式供電系統架構圖	3
圖 2-分散式供電系統架構圖	3
圖 3-台電供電系統架構圖	6
圖 4-安坑輕軌之貨櫃型牽引動力變電站	7
圖 5-集中式供電系統主要設備架構圖	11
圖 6-主變電站主要設備圖	11
圖 7-北墨爾本地鐵主變電站外觀圖	12

表目錄

表 1-分散式供電模式與集中式供電模式之差異比較表.....	16
--------------------------------	----

壹、摘要

本研究旨在深入分析捷運系統中分散式供電模式與集中式供電模式之間的差異，以評估其對系統供電穩定性、傳輸效率、建設與技術成本及用地需求等關鍵指標的影響。透過本研究，將得出兩種不同供電模式在實際運作時的表現，並提出優化建議以提高捷運系統的整體運作效能。

首先，本研究將探討有關分散式供電模式與集中式供電模式在捷運系統中的應用和優劣分析，為本研究提供理論基礎。隨後，將聚焦於各自不同之供電形式比較其建設及技術成本，包括傳輸消耗、系統穩定性、用地成本等方面的差異分析，這將有助於確認研究結果的可靠性。

最終，本研究成果之探討，將提出針對捷運系統的適用性建議。期望透過本研究將有助於優化捷運系統的供電結構，提高系統運作的效能，同時為捷運系統的可持續發展提供實用的參考。

貳、主旨、背景說明及研究方法

一、主旨

在捷運系統的發展過程中，電力供應模式的設計成為一個關鍵議題。本研究旨在深入探討捷運系統中兩種主要的電力供應模式，即集中式供電(如：新北捷運三鶯線、臺北捷運系統、倫敦地鐵等)和分散式供電(如：新北捷運淡海輕軌及安坑輕軌、新加坡地鐵、東京都綜合交通局地鐵等)，並分析其各自之優勢、劣勢，以及在不同情境下的適用性。

透過本研究的比較和分析，期望為未來捷運系統的電力供應系統設計提供有價值的分析和建議。

二、背景說明

捷運系統作為現代城市的重要交通基礎建設，其可靠的運作對城市居民的生活品質和經濟活力至關重要。其中，電力供應模式的設計是捷運系統運作的關鍵因素之一。目前，捷運系統中廣泛應用的兩種電力供應模式分別是集中式供電和分散式供電。

集中式供電模式，主要是透過台電超高壓變電站將161 kV 供給至捷運工程之主變電站，再依用電需求逐段降低電壓向整個捷運系統提供電力。而分散式供電模式則係向台電申請22.8kV 後轉供給各捷運站點的牽引動力變電站(TSS)，以供給整個捷運系統電力。

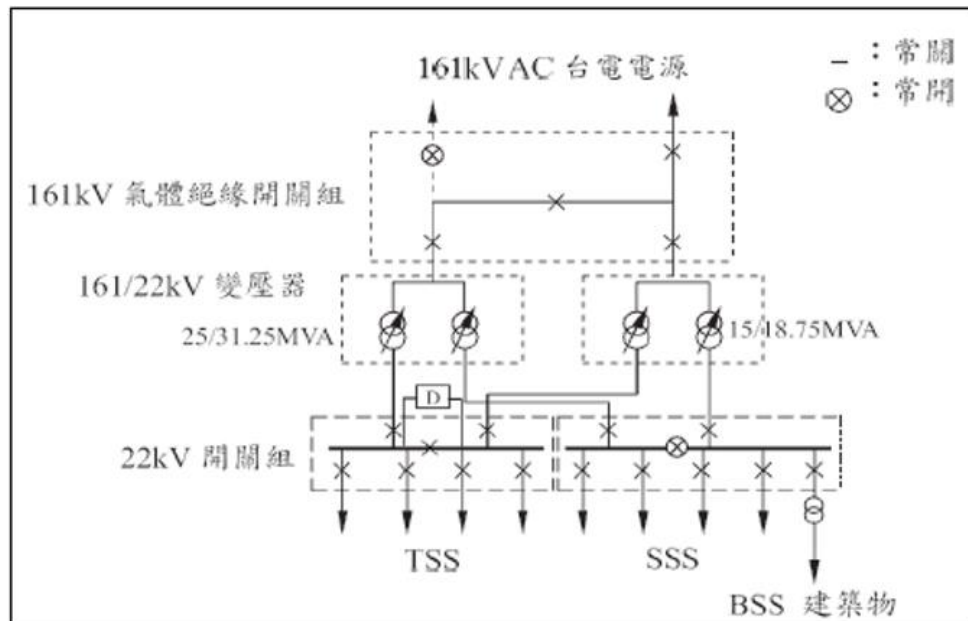


圖1-集中式供電模式架構圖

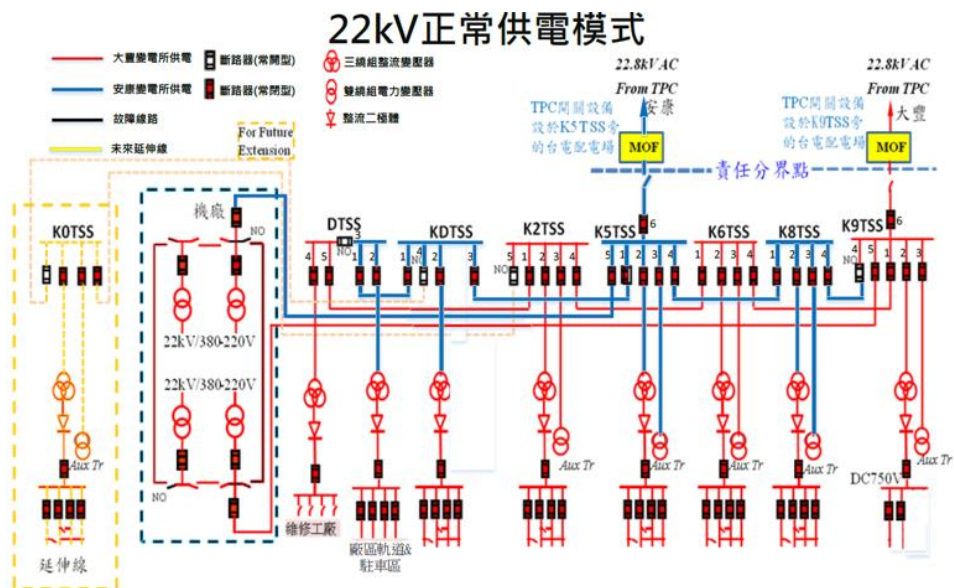


圖2-分散式供電模式架構圖

三、研究方法

本研究將探討這兩種供電模式的優劣勢，並就其傳輸效率、建設與技術成本、用地需求以及系統可靠性等方面探討。具體研究方法如下：

（一）傳輸效率比較

本計畫將比較集中式與分散式供電模式在提升傳輸效率方面的效能比較，並探討這兩種供電模式在實際運作中的性能表現。

（二）建設與技術成本分析

本計畫將分析集中式與分散式供電模式在建設與技術成本上的差異，並研究影響成本效益的因素，以供未來選用供電方案之參考。

（三）用地需求影響評估

本計畫將探討集中式與分散式供電模式對用地需求的影響，並分析這兩種模式對土地使用成本的影響。

（四）系統可靠性分析

本計畫也將針對集中式與分散式供電模式在應對突發事件、系統故障及恢復運作能力方面的表現，探討這兩種供電模式對系統可靠性的影響，並提出相應之精進建議。

透過本研究成果將有助於提供捷運系統設計者和營運者一個全面的了解，以選擇最適合其需求的電力供應模式，確保捷運系統在未來能夠實現更高效、可靠和可持續性的運作。

參、分散式供電在捷運工程的應用概述

一、前言

隨著捷運路網的不斷擴張和社會對環保能源的追求，分散式供電模式逐漸成為捷運系統中引人注目的電力供應解決方案。在此背景下，電力供應的可靠性和傳輸效率對於捷運系統的整體運營至關重要。與傳統的集中式供電模式相比，分散式供電作為一種新興的電力供應方式，因其靈活的配置、高效的系統可靠性和相對低廉的建設與技術成本，逐漸引起了廣泛關注。

本章節將深入探討分散式供電在捷運系統中的應用，評估其在提升傳輸效率、系統可靠性及降低建設與用地成本等方面的優勢。

二、背景與原理

隨著現代捷運系統的快速發展，為了提高系統可靠性、降低建設與用地成本，分散式供電模式逐漸受到關注。這種模式特別適合中小規模的捷運系統或地理條件限制較多的城市，因其靈活的配置和更高的可靠性，使其成為傳統集中式供電模式的有力替代方案。

分散式供電模式的核心原理是通過將多個台電引供點分佈於捷運系統的不同站點，並挑選距離捷運主線較近的台電變電站直接進行電力供應，以減少線路傳輸距離，從而降低

電力長距離傳輸造成的能量損耗。此外，每個供電點(牽引動力變電站)皆可為附近的車站和設施供電，當某一供電點發生故障時，其他供電點仍可投入運轉，維持系統正常運作，確保整體供電的連續性與穩定性，這種分散式供電設計使系統具備了更強的抗單點故障能力。

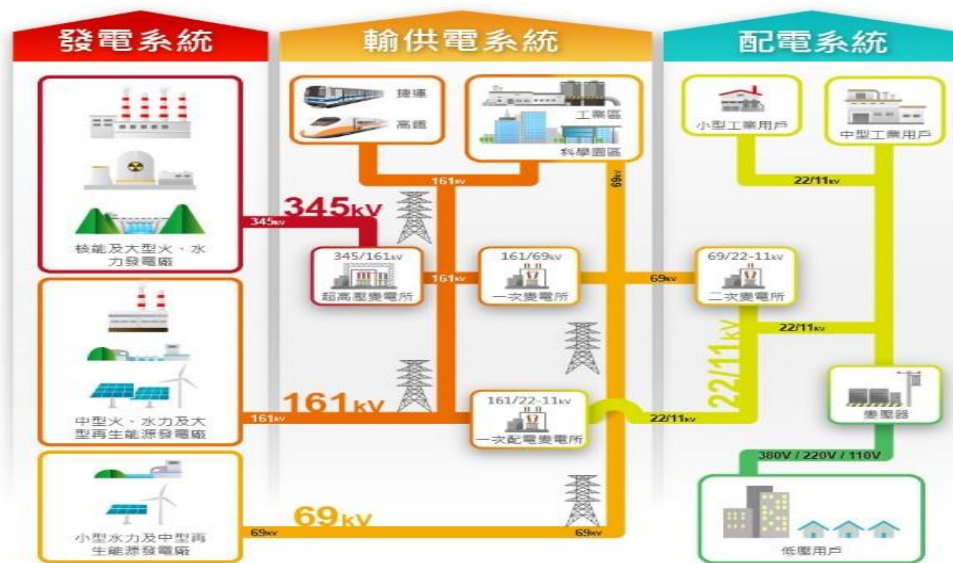


圖3-台電供電系統架構圖

三、 相關研究、文獻之檢討

分散式供電模式因其具有較高的抗單點故障能力及低建設與技術成本而成為捷運工程中日益受到關注的電力供應模式。透過本研究可發現，分散式供電展現出明顯優勢，尤其是對於系統可靠性、建設與土地需求成本等方面：

(一) 系統可靠性

由於分散式供電模式的電力供應點分布在多個站點，它能夠更有效地應對單點故障，從而提高系統的可靠性。如果某一供電點發生故障，其他供電點仍能投入

運作正常運行，確保捷運系統的持續穩定供電，減少因單點故障導致大規模停電的風險。

(二) 用地需求

因分散式供電模式不需額外建置主變電站，系統設置靈活，牽引動力變電站機房亦可安裝於車站或附近的空間，最大限度地降低了對大面積土地的需求。這在土地取得困難或用地成本較高的地區尤為重要，能夠大幅降低基礎設施建設的複雜性和成本，進一步提高了系統的經濟效益。



圖4-安坑輕軌之貨櫃型牽引動力變電站

(三) 提升電力傳輸效率

由於電力傳輸線上有電阻(R)，通過的電流(I)愈大，損失的能量(P)就愈多($P = I^2 \times R$)。為了減少在線路上電能的損失，分散式供電模式通常挑選靠近捷運主線的台電變電所直接供電，縮短了電力傳輸距離(l)，可有效降低線路電阻($R = \rho \frac{l}{A}$)，並降低了能源損耗。

這讓分散式供電模式在傳輸效率方面有所提升，特別是在用電瓶頸區需要降低傳輸損耗的情況下更具優勢。

（四）建置與技術成本

分散式供電模式因不需額外建設大規模的主變電站和相關基礎設施及機電設備，故其建置成本相對較低。

且其設備複雜性及技術要求較小，從而降低了整體建設成本。這使得分散式供電在中小規模的捷運系統或資源有限的情境下，成為一種具成本效益的選擇。

總結來說，分散式供電模式在捷運工程中的優勢體現在可靠性、建置成本及用地需求等多個方面，為大眾捷運系統電力供應模式提供了有力的支持。

四、 研究發現

分散式供電模式在捷運系統中的應用，憑藉其較高的系統可靠性和靈活的配置方式，顯示出在系統效能和抗故障能力性能方面的優勢。並通過縮短電力傳輸距離，有效降低能源損耗，同時多點分布的供電結構進一步提升了系統的抗單點故障風險能力，使其在應對突發故障時具備更高的靈活性和穩定性。

此外，分散式供電模式因不需額外建置主變電站，故其對土地需求面積較小，且建置及技術成本相對較低，機櫃設備亦能夠靈活利用車站或周邊空間進行設備配置，最大限度地降低用地取得的難度及建設成本。

肆、集中式供電在捷運工程的應用概述

一、前言

集中式供電模式在捷運系統中一直是最為普遍的電力供應方式，其透過台電超高壓變電所將電力引接至捷運系統的主變電站，再依用電需求逐段降低電壓輸送至各個車站牽引動力變電站供給捷運系統用電，確保列車、照明、通風、以及其他營運設備的穩定供電。

集中式供電通常適用於大型捷運路網，能夠確保每個站點與軌道的電力需求得以滿足，尤其在高運量負載需求時，其供電穩定性是保障捷運系統正常運作的關鍵因素。然而，這種電力供應模式也面臨著建設與技術成本較高、用地取得困難及系統單點故障可能擴散至整個系統的風險等挑戰。

本章節將接續分析集中式供電模式如何提升系統的營運效率，並探討其在供電穩定性、成本效益等方面的潛在精進方向，為未來捷運工程中的電力系統設計提供參考。

二、背景與原理

集中式供電模式主要通過台電超高壓變電所將161kV 引接至捷運路線之主變電站，再依用電需求逐段降低電壓向整個捷運系統提供電力，從而保證列車運轉及站內設施穩定供電。

為提高系統的穩定性，集中式供電模式通常採用雙迴路供電方式，即一條主迴路進行正常供電，另一條備援迴路在主線出現故障時進行切換，確保電力供應不中斷。

然而，集中式供電在捷運系統中的應用也存在著建設與技術成本較高、用地取得較不易等問題，特別是在成本效益方面。因此，如何優化集中式供電系統，並確保系統的穩定運營，是本研究的重要課題。

三、相關研究、文獻之檢討

集中式供電作為捷運系統中的傳統供電模式，在穩定性和可靠性方面具有一定的優勢，但與分散式供電模式相比，其應用需根據實際的情境進行適當考量，分述如下：

（一）供電穩定性

集中式供電模式依賴從台電161kV 超高壓變電所引接至捷運系統的主變電站。然而，若主變電站遭到損害，可能造成大範圍停電，因此在設計上必須考慮備援以降低風險。實際上常以一條迴路作為主要供電迴路，另一條則作為備援迴路，以便在主線發生故障時可手動或自動切換供電。

而每條饋線的電流容量皆足以支撐整座主變電站的負荷，因此在發生突發情況時，不會影響正常供電運行，進一步提升了系統的可靠性。

(二) 成本效益

集中式供電模式相較於分散式供電，需額外建置主變電站及相關土木結構、開關盤等機電設備，設備複雜度與技術要求較高，因此於工程建設期間需要投入的工程建置及技術成本相對較高。

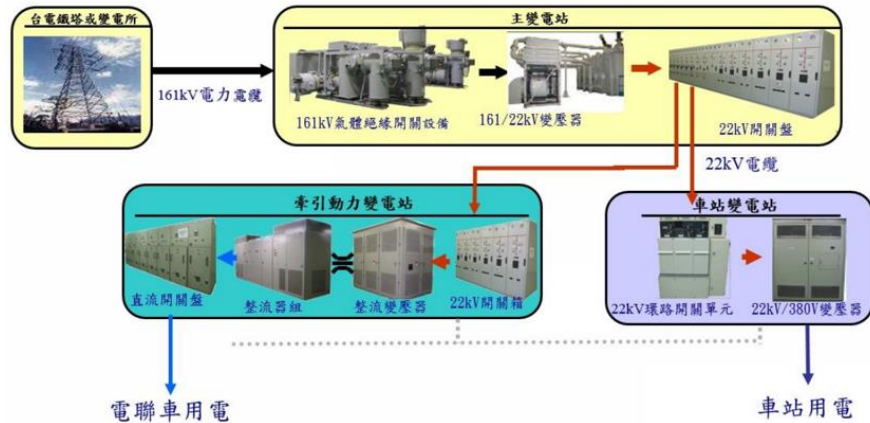


圖5-集中式供電系統主要設備架構圖



圖6-主變電站主要設備圖

(三) 提升傳輸效率

由於電力傳輸線上有電阻(R)，通過的電流(I)愈大，損失的能量($P = I^2 \times R$)就愈多。為了減少在線路上電

能的損失，集中式供電模式通常傳輸時採提升線路電壓(V)，使線路的電流減小($P = I \times V$)，以減少能源的傳輸損失。相比之下，分散式供電模式由於供電端更接近捷運路線，能夠有效降低傳輸距離，減少能源損耗，提高傳輸效率。

(四) 用地需求

集中式供電模式因工程所需額外建置之主變電站通常需要較大的用地範圍，地下化主變電站之基地面積至少為 $1,850\text{m}^2$ ，相關建築物至少需設計為4~5層之機房，這可能導致土地取得的困難和建設成本的增加。相較之下，分散式供電因不需要額外建置主變電站，故其所需佔地面積較小，機房設置靈活，甚至可以利用車站內的閒暇空間來置放設備，最大限度地降低用地取得的壓力，並減少建設的複雜性和成本。



圖7-北墨爾本地鐵主變電站外觀圖

總體而言，集中式供電作為捷運系統中的主流電力供應模式，其具有優越的電力供應規模，同時也能夠應對高運量負載需求的需求，使其在現代捷運系統中得到廣泛應用。

四、研究發現

集中式供電作為捷運系統中傳統且成熟的電力供應模式，展現了多方面的優勢，其強大的電力供應能力使得能夠輕鬆應對捷運系統的高運量負載需求，特別是在系統擴展或尖峰時段，依然能保持系統運作穩定性。

此外，其雙迴路供電方式進一步提升了系統的可靠性，即便出現故障，供電系統能快速切換到備援迴路，保證不間斷的電力供應。

總結而言，集中式供電在捷運工程中的應用，因其提供了大規模且穩定的電力支持，成為現代捷運系統中不可或缺的電力供應模式。

伍、結論與建議

透過本研究在比較分散式供電模式與集中式供電模式時可以發現各有其優缺點：

分散式供電因為可以選擇距離主線較近的台電變電所直接引供，減少了電力輸送距離，以降低線路損耗，從而提高傳輸效率。而集中式供電模式係採提升線路電壓，使線路的電流減小，以減少能源的傳輸損失，提升系統能效。

此外，分散式供電模式的可靠性也因其電力供應端分散，當其中一座牽引動力變電站失效時，其餘牽引動力變電站能投入運轉，不影響正常營運，其能更有效地應對單點故障；相比之下，集中式供電若主變電站受損，可能會造成大範圍停電，因此應考慮雙迴路設計以提升系統的抗單點故障能力。

在用地需求方面，分散式供電模式因不需要額外建置主變電站，故其所需佔地面積較小，亦可靈活利用車站空間設置牽引動力變電站機房，最大限度地降低用地取得的難度及成本。而集中式供電因工程所需額外設置主變電站而需要較大的用地面積，取得土地相對困難，且會增加建設的複雜性和技術成本。

整體而言，分散式供電模式因不需額外建置主變電站，故其所需設備、技術及用地範圍較少，建設成本也因此較低；相對而言，集中式供電因工程所需額外建置主變電站，故其所需設備、技術及用地範圍較多，建設成本較高。

基於這些考量，若考慮系統的技術與成本效益、系統可靠性及用地限制，建議在中小規模的捷運系統或資源有限的情境下，可採用分散式供電模式。同時，針對具備較高運量負載需求的區域，集中式供電仍可在特定情境下提供更穩定的電力供應，但應做好備援設計以避免系統中斷的風險。

表1-分散式供電模式與集中式供電模式之差異比較表

特點	分散式供電模式	集中式供電模式
傳輸效率	可選擇距離主線較近的台電變電所直接引供，減少電力輸送距離，降低損耗，提高效率	提升線路電壓，減小線路電流，減少傳輸損失，提升能效
系統可靠度	電力供應端分散，抵抗單一故障點的能力較高	一旦主變電站受損，可能導致大規模停電，建議採雙迴路設計
用地取得	因不需額外建置主變電站，故其所需用地面積較小，用地取得相對較易	因工程所需額外建置主變電站，故其所需用地面積較大，用地取得較不易
技術與建設成本	因不需額外建置主變電站，故其所需設備、技術及用地範圍較少，技術及建設成本較低	因工程所需額外建置主變電站，故其所需設備、技術及用地範圍較多，技術及建設成本較高

陸、參考文獻

- [1] 林仁生，陳勇全，「軌道機電系統概論」，高立圖書有限公司，民國93年1月出版
- [2] 臺北市政府捷運工程局，捷運工程叢書《捷運供電系統實務》，民國110年6月出版
- [3] 新北市政府捷運工程局，捷運汐止東湖線路線規劃及沿線周邊土地整體開發計畫基本設計、專案管理暨相關委託技術服務案《價值工程研析成果報告》，民國111年12月出版
- [4] 鍾志成，古碧源，林蓁，李永強，林志偉，張恩輔，《捷運直流軌道牽引供電系統模擬》，中興工程，第116期，民國101年7月出版