

## 3D模擬技術於環狀線電聯車外觀內裝設計之應用

陳昭延<sup>1</sup> Marcello Santoro<sup>2</sup>

### 摘要

安薩爾多百瑞達與業主合作，共同界定一種電聯車設計管理方法，涵蓋從特別技術規範(PTS)定義的需求管理、概念設計再至產品設計完成之範疇。

本文旨在探討3D模擬技術於臺北捷運環狀線電聯車外觀內裝設計之應用，特別是應用數位3D模擬技術的電聯車外觀造型、內裝顏色與配置、轉向架設計、分包商設備(如車門、車間走道、聯結器及空調機組等)、推進系統、電力設備與內裝設計，這是安薩爾多百瑞達利用CATIA V5軟體執行的獨家技術。

關鍵詞: CATIA、3D模擬技術、系統工程、造型設計

## The Application of 3D Simulation Technology to MRT Circular Line Train Exterior and Interior Design

Chen Jau-Yan<sup>1</sup> Marcello Santoro<sup>2</sup>

### Abstract

When cooperating with DORTS, AnsaldoBreda defined a way to manage the design of an EMU vehicle, starting from the management requirements specified in the particular technical specification (PTS) through concept design to product design.

This paper explores the application of digital 3D simulation technology to the exterior and interior design of the Taipei MRT Circular line EMU vehicles. In particular, the EMU appearance style, interior colors and layout, bogie design, and the upstream supplier equipment covering train doors, gangways, couplers, and VAC units, as well as propulsion, electrical equipment, and interior fittings design were the result of the application of digital 3D simulation technology that is the unique technology and property of AnsaldoBreda based on CATIA V5 Software.

**Keywords:** CATIA, digital 3D simulation technology, system engineering, shape design

<sup>1</sup> 臺北市政府捷運工程局副工程司

<sup>2</sup> 安薩爾多百瑞達車輛設計工程師

11136@trts.dorts.gov.tw

Santoro.Marcello@ansaldobreda.it

## 一、前言

臺北捷運環狀線計畫主要廠商安薩爾多百瑞達，為依照義大利法律成立的公司，隸屬義大利最大高科技產品投資商Finmeccanica S.p.A.之完全持股公司。

安薩爾多百瑞達於2001年時，基於Ansaldo Trasporti與Breda Costruzioni Ferroviarie合併案而成立，從事大眾運輸列車、軌道車輛及列車子系統設計製造事業。該公司領先許多大眾運輸列車製造商，早就著眼於美學之重要性，更投入大筆資金以深入研究，同時與享譽國際的工業設計師合作，如Pininfarina、Giugiaro、Neerman等人。這些合作案得以發展出在美學層級、功能性及造型上，都能獲得國際肯定的產品，例如ETR 500高鐵列車、里拉市有軌電車、哥本哈根捷運電車、舊金山有軌電車及馬德里捷運列車等。

無人駕駛捷運計畫的主要原則，在於完美結合設計與技術，進而得到在環境方面，得以保障安全性、可靠度及優質服務的電聯車。選用之材料及在節能、抑噪、減震及搭乘舒適度等方面的成果，同樣證實了這些要求。電聯車內裝設計要考量到走道地板須維持暢通，以利乘客自由移動之必要性，同時改善視野及便於維修。

所有車底設備的配置，亦有助於獲得此項成果。座椅品質與配置專為解決在車內移動的需求而精心設計，更為身心障礙者而保留特別區。自動駕駛模式與系統整體運作息息相關，在諸多層面都會影響到電聯車之設計。主要層面包括讓列車自動精準地停於月台，以便與月台門同步開啟，列車在緊急狀況下拖曳或推拉車輛時，列車之間將自動聯結，以及採取自動程序以防列車停於車站與車站之間。

## 二、範圍

安薩爾多百瑞達根據臺北捷運環狀線(第一階段)特別技術規範(PTS)要求，提供業主電腦模擬3D彩色立體透視圖，呈現電聯車外觀造型及內裝顏色與配置。

此外，安薩爾多百瑞達規畫了數場工作研討會，旨在向業主提出相關設計之解決方案。這種工作方法的優點甚多，能夠與業主分享電聯車外觀內裝設計方案。此概念不僅適用於電聯車外觀造型及內裝顏色與配置的彩色立體透視圖，同樣能應用在轉向架設計、分包商設備(如車門、車間走道、聯結器及空調機組等)、推進系統、電力設備與內裝設計。

如此一來，全車都能透過3D模型來管理，安薩爾多百瑞達提議的設計方案，亦能全數在3D環境下進行研究。該公司全體供應商必須採用3D模型作為內部標準。

數位3D模擬技術係以CATIA V5電腦軟體來執行，可建立車輛及相關子系統設備元件之3D XML檔，以供業主了解車輛之設計與風貌。

## 三、CATIA V5軟體基礎

(一) CATIA軟體為「機械設計」的一環，下面的定義概述了該軟體的主要特質：

1. 採特徵導向設計：各項零件都是應用下一組特徵(2D與3D)，相互結合以呈現特質來實現。
2. 採參數式設計：賦予構成部分特質(如尺寸)的「屬性」能夠參數化，利用「拖曳」方

式就能加以變更；此外，亦能建立參數間之關係。

3. 具完整連結關係：相關項目的異動能反應在各相關層級(如變更零件幾何構造，將導致相關草圖隨之改變)。

(二) 軟體介面採用了大多數常見視窗軟體用於主視窗畫面工作區、使用指令工作列及下拉選單等所有特色。關於必須在特定環境(稱為「工作台」)作業的工作類別，該作業環境收錄了進行特定必要作業所需之工具。包含如下設計要件：

1. 零件設計：使用立體模型法的零件設計項目。
2. 草圖：涵蓋在「零件設計」之中，用來製作立體模型所需的2D輪廓。
3. 線架構與曲面設計：用來呈現採用複雜3D曲線及曲面的立體輪廓。
4. 組裝設計：用來建立零件組裝的3D立體相關限制與互動。
5. 整合與互動製圖：用來建立面板及零件組件。

#### 四、CATIA V5於臺北捷運環狀線電聯車之應用

(一) 系統工程：

系統工程解決方案包括在單一整合平台上進行的需求管理、功能、邏輯及實體設計，能夠從初期需求定義，追溯至最終產品交付及支援服務。系統工程平台能掌握業主需求與技術要求、界定系統架構、製作模型及驗證系統行為，並管理嵌入軟體。

系統工程解決方案讓系統架構師、產品工程師、設計師及技術專家，得以界定系統工程過程的技術與商業層面，縮短從初期規範定義至開發與交付適合市場產品所需之時間。能夠提早進行綜合認證，讓系統工程師能更迅速地製作出創新設計，同時降低常在設計發展末期才發現且所費不貲之重製作業。

安薩爾多百瑞達3D模擬軟體協助推動下列系統工程過程(詳圖1及2)：

1. 需求設計：有效設計複雜產品及系統要求，能確保符合法規與規範，同時改善上市時間，協助降低整體成本。這項系統解決方案讓安薩爾多百瑞達得以掌握業主需求，並將該資訊即時且迅速轉變成新產品與系統。
2. 系統架構：系統工程以界定系統結構為起點，包括零件之間功能或結構關係。安薩爾多百瑞達3D模擬軟體能界定系統區分功能，進而判斷系統能夠達成之不同功能性。系統建構師亦能界定邏輯模型，以利執行與分析對應這些功能性的技術解決方案。



圖1 環狀線列車整體外觀圖



圖2 電聯車車廂結構圖

(二) 造型設計：

造型設計直接訴諸人心，尤其是捷運系統的最終使用者。市面上的成功產品通常擁有從

顧客身上誘發正面情緒反應的設計。安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，使造型設計師或設計工作室/工程部門，能夠攜手合作以改善產品設計，進而達成美學及工程目的。

安薩爾多百瑞達3D模擬軟體協助推動下列造型設計過程(詳圖3-6)：

1. 工業設計：安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，讓工業設計師得以盡情揮灑創造力。無論3D模型源自概念圖還是2D草圖，工業設計師都能運用前所未有的自由度，充分操縱形狀，而且在概念階段初期，善用真正的創意促進工具以探索更多想法。
2. 曲面改良(A級曲面與疊層拉伸)：以CATIA V5為基礎的安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，利用結合獨步業界之ICEM曲面處理技術的曲面改良解決方案，徹底解決了車輛A級曲面過程。



圖3 車燈造型圖



圖4 車頭造型圖

3. 車身與機械曲面設計：安薩爾多百瑞達3D模擬軟體利用以規格為基礎的強大模型製作法，提供機械曲面所需之高階技術。這項解決方案讓細部設計師能製作優質整體曲面模型，促使在造型、工程及製造領域得以有效進行同步工程設計，改善產品設計工作流程。

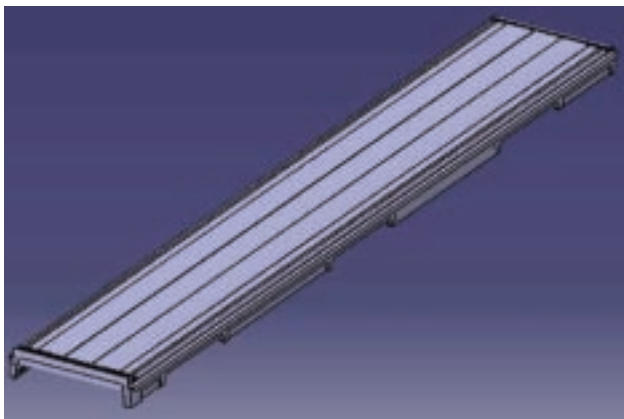


圖5 車頂結構圖

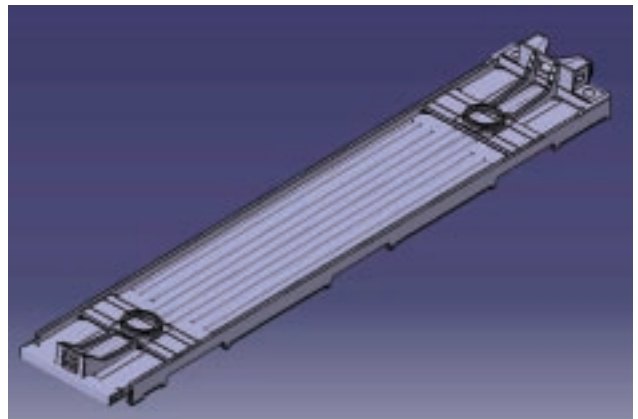


圖6 車底結構圖

4. 複合材料設計：安薩爾多百瑞達3D模擬軟體從初步設計，橫跨至工程細部設計與製造籌備工作，為複合結構設計師帶來特殊功能，得以在專用背景設計環境下工作。設

計師可以在複合材料設計過程初期，著手整合結構、組件及製造要求，並預測及防範問題發生。

### (三) 機械設計與工程：

機械工程甚為複雜，因為這些組件是為了執行特定工作而設計，亦有明定目標效能。製作數位原型，再搭配數位分析及模擬作業，能夠讓產品開發團隊在應有環境下，實際製作及分析機械製品。機械工程師必須擁有這些工具，才能在產品開發階段初期，洞悉品質及效能方面的關鍵因素。

CATIA機械產品及解決方案，能針對範圍甚廣的電聯車機械零件，製作出任何種類的3D組件，從鑄造至鍛造產品、塑膠射出成型及其他模製作業、複合材料零件設計與製造、機械加工與金屬板零件設計、再到高階焊接及固定作業等。工程師能依賴安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，使用功能公差、3D標註模組及動態工具，來界定整件機械產品。安薩爾多百瑞達3D模擬軟體的預先指定過程，讓工程師得以大幅提高生產力，不僅機械設計過程能提早結束，還能更快進行設計修正。

安薩爾多百瑞達3D模擬技術協助推動下列機械設計及工程過程(詳圖7至11)：

1. 3D概念設計：3D模擬軟體讓安薩爾多百瑞達能迅速建立新設計，或者是修改既有設計，即使是源自其他CAD解決方案的設計亦然。建立新組裝結構變得跟組裝玩具積木一樣簡單。
2. 機械系統工程：安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，根據需求、功能、邏輯與實質(RFLP)法，協助橫跨概念形成、生產及運轉的不同觀點以統合界定產品。這套軟體讓安薩爾多百瑞達的設計師、工程師及系統架構師，得以界定出產品區分功能、代表技術解決方案之邏輯本質、以及對應的實體零件和組件。
3. 產品設計：安薩爾多百瑞達3D模擬軟體，能夠建立各種3D零件，涵蓋粗略草圖至機械組件定義等。該軟體提供了完整界定產品所需之一切工具，包括功能公差、標註模組及動態定義工具。該軟體透過功能模型製作法，處理鑄造與鍛造產品設計、以及塑膠射出成型或模製零件設計。3D模擬軟體亦涵蓋焊接、固定及金屬板過程。



圖7 車廂內部視圖(1)



圖8 車廂內部視圖(2)

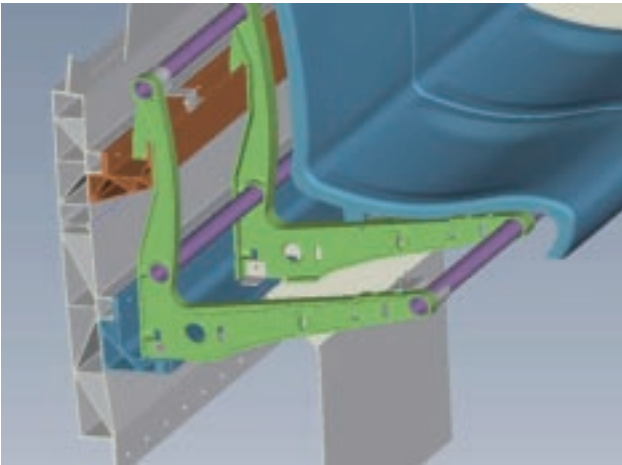


圖9 座椅結構圖

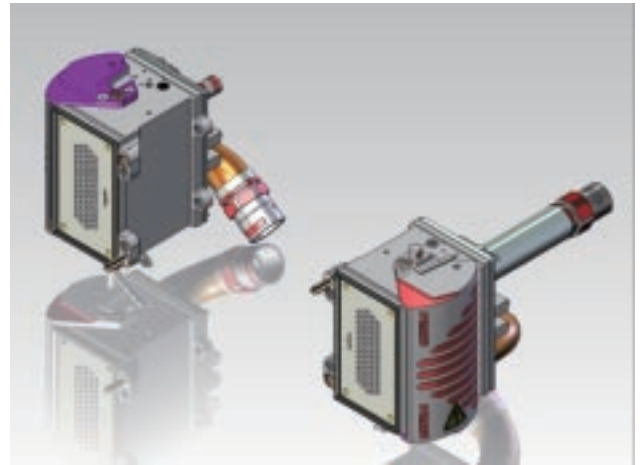


圖10 電氣聯結頭結構圖

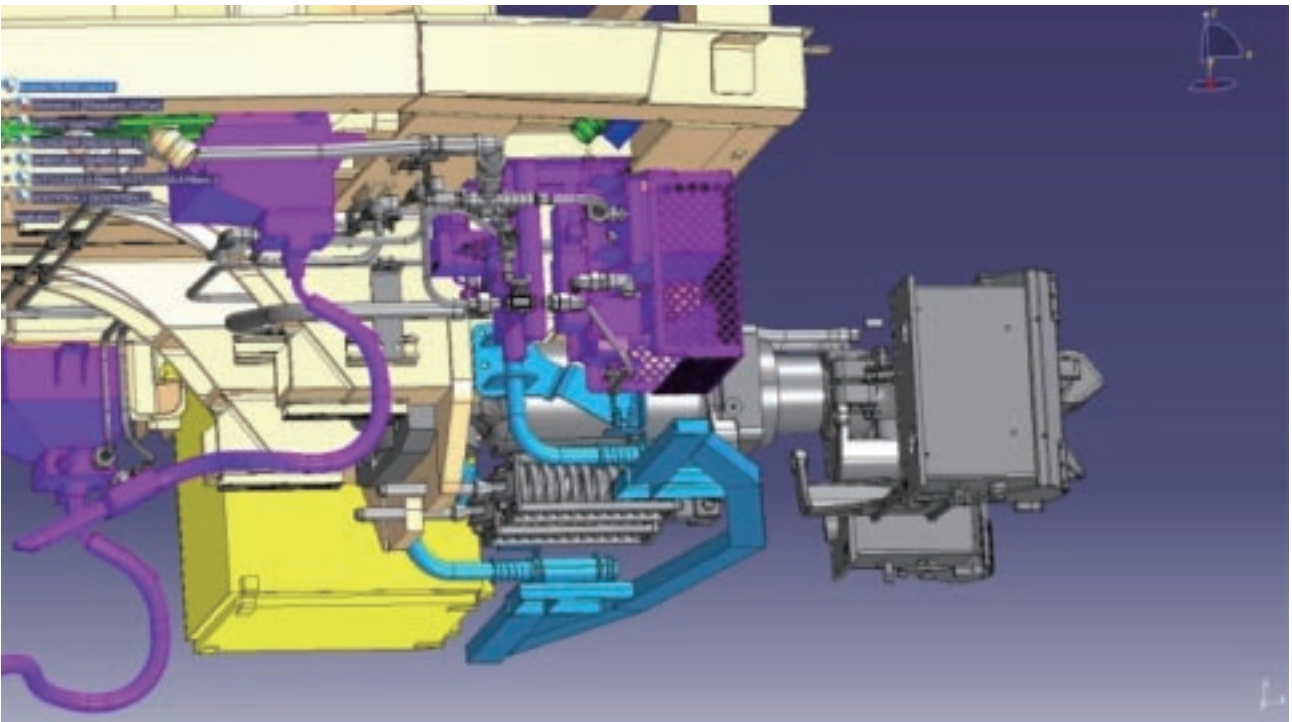


圖11 車頭底部結構圖

#### (四) 設備與系統設計

設備設計就本質上而言，如同零組件一般複雜，通常需要內建或圍繞另一產品或結構建置。此外，此類設計需要特別留意以符合特定效能及安全目標，導致設備及系統設計之重要性為之提高，使其成為產品開發中的關鍵活動。為加快設計過程起見，需要建立一整合環境，以利在實際完整產品所在環境下，進行協同設備系統設計。

CATIA設備產品與解決方案，能依照系統邏輯定義來推動設備設計過程，確保符合產品規範。知識庫與規則能內建至系統，確保變更項目自動延伸，保證整個設計過程都符合法規標準，直至文件製作及生產活動。此種整合環境有助於提高設備及系統設計品質，大幅降低修正週期時間且減少錯誤。

安薩爾多百瑞達3D模擬技術協助推動下列設備及系統設計過程（詳圖12~15）：

1. 電線電纜設計：3D模擬軟體提出專屬機電端對端解決方案，以利設計所有產品(包括電子、電力及機電零組件)的電線線組，並製作相關文件。可直接在數位產品全尺寸模型中建立電力模組，能夠減少設計作業之時間、成本及避免零件設計產生衝突。

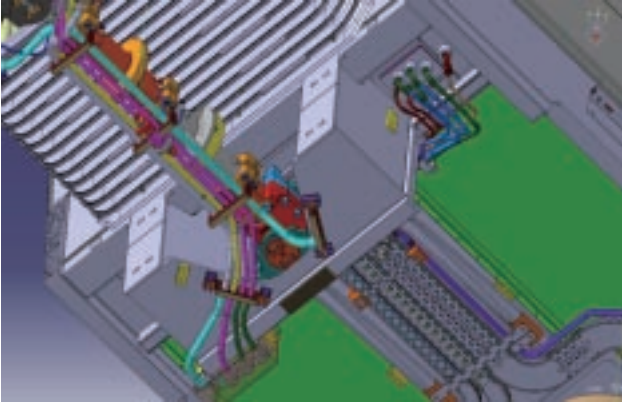


圖12 車底電纜配線圖(1)

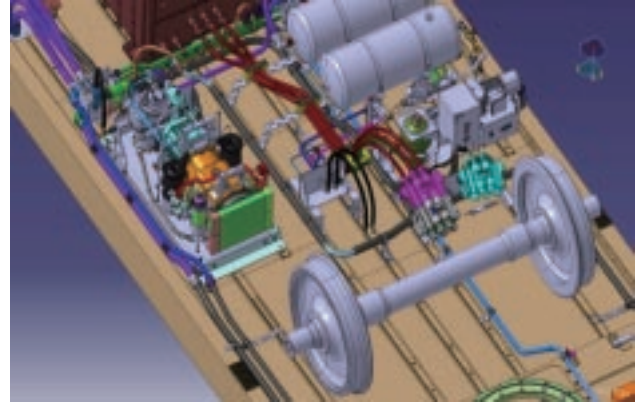


圖13 車底電纜配線圖(2)

2. 管線設計：3D模擬軟體提供一般配置工具，以利進行管線零件的智慧型設置作業。整套路徑鋪設及零件設置方法，能夠讓使用者在已知環境下選出適當位置。3D模擬軟體的知識庫及規則功能，得以將設計過程自動化，並符合設計要求。

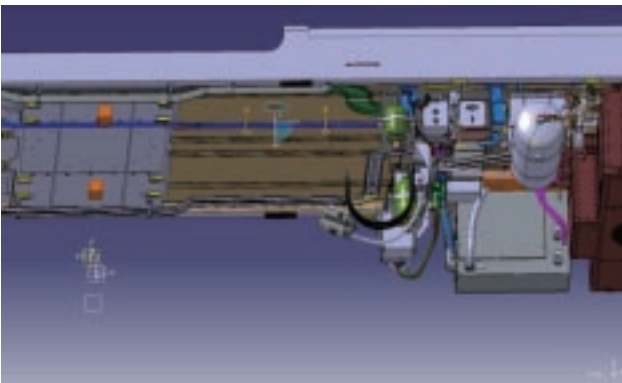


圖14 車底空氣管線圖(1)

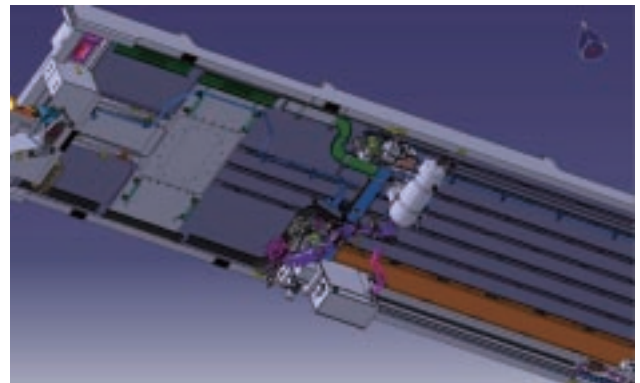


圖15 車底空氣管線圖(2)

## 五、結語

如前面章節所述，CATIA V5 3D模擬軟體這項工具為安薩爾多百瑞達帶來諸多優點，從特別技術規範(PTS)界定的需求管理，到概念設計至產品設計完成，安薩爾多百瑞達能與業主攜手合作，以便努力共同完成產品之最終設計。此外，安薩爾多百瑞達內部開始採用不同之設計管理工作方式，諸如刪除重複及不完整之資料進而提昇產品品質，集中管理業務過程(如設計變更管理)以減少資料管理上的錯誤，減少設計步驟以提高工程師之生產力等措施，力求提高產品品質與工程設計生產力，以提供業主高品質之電聯車設計及產品。

## 參考文獻

1. AnsaldoBreda Technical Manual rev.03, May 2009.
2. CATIA V5 Tutorials, Mechanism Design & Animation(Releases 14 & 15).
3. CATIA V5 Parts & Assemblies Basic Storyboards, Oct. 2009 PTC.
4. Dassault Systèmes Guidelines, THE DIGITAL PRODUCT EXPERIENCE, CATIA V5-6R2012.