

國立臺灣師範大學設計學系設計創作在職專班

碩士論文

數位建築概念運用於室內空間設計操作
-以辦公室為例

The Concept of Digital Architecture Used in Office Design



指導教授：蘇文清

研究生：賴映棋

中華民國 106 年 7 月

摘要

面對數位時代的來臨，數位科技改變了人類的生活空間模式與生活型態，在建築、室內空間和產品設計各種設計相關的領域裡，相對地也產生了極大的影響。在創作的設計思考當中因為有了數位媒材的出現，對於設計師將抽象的概念轉化成實物的過程中媒材扮演了相當大的角色，相對的媒材的限制也影響創作者的設計思考，往往造成設計師抽象的概念無法傳遞。在此希望透過對數位建築概念的研究，達到抽象概念的轉化運用在室內空間中的操作。本研究透過文獻蒐集了解數位建築的設計思考過程以及分類出數位媒材造成的形式特質作為在研究方法裡檢視的範圍。研究方法為個案研究法和次級資料分析法。以普立茲克獎得主 Frank Gehry 和 Zaha Hadid 的作品為研究個案，兩位建築師的事務所都設有數位媒材的研究中心，並且在他們的建築作品中，充分運用了數位媒材讓建築設計作品突破傳統風格與形式。本論文個案研究裡分別挑選兩位建築師的三個作品，為了達到研究設計類型的廣泛性，挑選的六個作品都是屬於不同類型的建築，有商業大樓、美術館、醫療研究中心、綜合型大樓、文化中心以及住宅大樓；每個作品的資料蒐集後，分析他們的設計思考以及作品的形式特質。研究結果發現兩位建築師大多以地景性開始了概念發想，以手繪加上模型製作的方式，再轉換到電腦的模型裡，透過數位媒材呈現了建築師的設計，產生了數位建築特質。本研究整理出兩位建築師作品的形式特質有動態、拓樸、地景以及參數式。在設計創作方面以數位建築的概念運用到辦公室室內空間的操作，以地景性作為概念發想，地景為台灣的地理特色高山、丘陵、盆地、台地及平原，再經由手繪平面及立面表達概念運用數位媒材呈現 3D 的圖，模擬整個空間設計。希望透過個案研究了解在數位媒材運用上最具代表性的建築師 Zaha Hadid 和 Frank Gehry 的作品，將其概念運用到辦公室的室內空間設計操作。透過本研究針對以上兩位建築師的數位媒材運用在建築的設計思考過程以及產生的形式特質作分析後，再藉由辦公室空間的創作，希望給未來運用數位建築概念的室內空間設計一個參考方向。

關鍵字: 數位建築、設計思考、形式特質、Frank Gehry、Zaha Hadid

Abstract

In the information age, digital technology has vast impacts on human's lives, especially on the professions of architecture, interior design, product design, etc. In the creations of design thinking, digital media has helped designers to transform their ideas into tangible products. Without the proper media designers' creativity, however, this capability could possibly be limited; designers would have to compromise or modify their original ideas to something that can be modelled in real life. The concept of digital architecture will be studied and applied to the interior design field. In the literature review, design thinking and the characteristics of form making in the digital architecture have been studied. Case study and secondary analysis will be the research methods. The cases will be selected from the works of Frank Gehry and Zaha Hadid which both are Pritzker Architecture laureates. Three cases from each laureate, a total of six cases exploring different types of building, including business building, museum, research center, commercial building, cultural center, and residence will be reviewed. After collecting information of the six cases, the data will be analyzed based on literature review of the design thinking and the characteristics of form making. The result shows that both architect's design thinking begins with the landscape of the specific project and develops the digital forms from it; the characteristics of the forms are dynamics, topology, and parametrics. The design process and the digital forms found from Frank Gehry and Zaha Hadid's works will be applied to the interior design of an office, the project required in this thesis. The design idea will be the landscape and geography of Taiwan which will be applied to the sketching of the layout. The elevated models will be made into three-dimensional models using a computer. After studying the design thinking and the characteristics of form making in digital architecture from both well-known architects Frank Gehry and Zaha Hadid, this will help designers to apply the concept of digital architecture to interior design in the future.

Keywords: digital architecture, design thinking, forms, Frank Gehry and Zaha Hadid

目錄

| | |
|-----------------------------|-----|
| 摘要..... | I |
| Abstract..... | II |
| 目錄..... | III |
| 表目錄..... | V |
| 圖目錄..... | VI |
| 第一章、緒論..... | 1 |
| 1-1 研究動機與目的..... | 1 |
| 1-2 研究流程..... | 2 |
| 第二章 文獻探討..... | 3 |
| 2-1 建築的意義..... | 3 |
| 2.2 近代建築發展概論..... | 4 |
| 2-2-1 十九世紀的建築發展..... | 4 |
| 2-2-1-1 鋼鐵材料普遍運用於建築的預告..... | 4 |
| 2.2.1.2 新材料技術與傳統的對抗..... | 5 |
| 2-2-2 二十世紀建築的發展..... | 6 |
| 2-2-2-1 現代主義建築的脈絡與特質..... | 6 |
| 2.2.2.2 後現代主義建築的脈絡與特質..... | 7 |
| 2.2.2.3 解構主義建築的脈絡與特質..... | 7 |
| 2-2-3 建築空間的基本要素..... | 8 |
| 2.2.3.1 空間關係..... | 9 |
| 2-3 數位建築的出現..... | 10 |
| 2-3-1 數位設計媒材的發展..... | 10 |
| 2-3-2 數位媒材影響設計思考..... | 11 |
| 2-4 辦公室..... | 18 |
| 2-4-1 辦公室起源與發展..... | 18 |
| 2-5 小結..... | 20 |
| 第三章、研究方法..... | 21 |
| 3-1 個案研究法..... | 21 |
| 3-2 次級資料分析法..... | 22 |
| 3-3 案例分析- Zaha Hadid..... | 22 |
| 3-3-1 Zaha Hadid 背景..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 3-3-2 案例一: 520 West 28 th Street..... | 23 |
| 3-3-2-1 案例背景..... | 23 |
| 3-3-2-2 設計思考和形式特質..... | 23 |
| 3-3-3 案例二: Heydar Aliyev Center..... | 26 |
| 3-3-3-1 案例背景..... | 26 |
| 3-3-3-2 設計思考和形式特質..... | 26 |
| 3-3-4 案例三: Galaxy Soho | 28 |
| 3-3-4-1 案例背景..... | 28 |
| 3-3-4-2 設計思考與形式特質..... | 28 |
| 3-4 案例分析- Frank Gehry..... | 30 |
| 3-4-1 Frank O. Gehry 背景..... | 30 |
| 3-4-2 案例一: Nationale-Nederlanden Office Building..... | 31 |
| 3-4-2-1 案例背景..... | 31 |
| 3-4-2-2 設計思考與形式特質..... | 32 |
| 3-4-3 案例二: Guggenheim Museum, Bilbao..... | 34 |
| 3-4-3-1 案例背景..... | 34 |
| 3-4-3-2 設計思考與形式特質..... | 34 |
| 3-4-4 案例三: Lou Ruvo Center | 36 |
| 3-4-4-1 案例背景..... | 36 |
| 3-4-4-2 設計思考與形式特質..... | 36 |
| 第四章、空間創作..... | 39 |
| 4-1 概念發想與創作 | 39 |
| 4-1-1 基地分析..... | 39 |
| 4-1-2 概念發想..... | 40 |
| 4-1-3 創作..... | 41 |
| 4-2 小節..... | 59 |
| 第五章、結論與建議..... | 60 |
| 參考文獻..... | 62 |

表目錄

| | |
|---------------------------------------|----|
| 表 1 C.I.A.M.的宣言..... | 6 |
| 表 2 空間關係..... | 9 |
| 表 3 電腦輔助設計年代表..... | 10 |
| 表 4 十大非線性建築特質..... | 14 |
| 表 5 Digital Morphogenesis (數位型態)..... | 16 |
| 表 6 數位建築的型態特質..... | 20 |



圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1 - Stages of Eiffel Tower (1889)..... | 5 |
| 圖 2 - Crystal Palace (1855)..... | 5 |
| 圖 3 - 變數化實體建模 | 11 |
| 圖 4 - 西班牙聖家堂沙包模型 | 12 |
| 圖 5 - 520 West 28 th Street 住宅大樓 | 24 |
| 圖 6 - 520 West 28 th Street 住宅大樓 | 25 |
| 圖 7 - 520 West 28 th Street 住宅大樓 | 25 |
| 圖 8 - Heydar Aliyev Center (2012) 正立面圖..... | 27 |
| 圖 9 - Heydar Aliyev Center (2012) 立面圖 | 27 |
| 圖 10 - Heydar Aliyev Center (2012) 立面圖..... | 28 |
| 圖 11 - Galaxy SOSHO (2012) | 29 |
| 圖 12 - Galaxy SOHO 平面圖..... | 29 |
| 圖 13 - Galaxy SOHO 樓層平面圖..... | 30 |
| 圖 14 - Gehry House (1978) | 31 |
| 圖 15 - Nationale-Nederlanden Office Building (1995) | 32 |
| 圖 16 - Nationale-Nederlanden Office Building 手繪稿..... | 33 |
| 圖 17 - Fred & Ginger 模型過程 | 33 |
| 圖 18 - Nationale-Nederlanden Office Building 模型製作過程 | 33 |
| 圖 19 - Bilbao Guggenheim Museum (1995) | 35 |
| 圖 20 - Bilbao Guggenheim Museum (1995) | 35 |
| 圖 21 - Bilbao Guggenheim Museum 模型 | 36 |
| 圖 22 - Lou Ruvo Center (2010)..... | 37 |
| 圖 23 - 模型 Lou Ruvo Center (2010)..... | 37 |
| 圖 24 - 原始平面圖..... | 40 |
| 圖 25 - 平面配置手繪圖 | 41 |
| 圖 26 - 平面配置圖 | 42 |
| 圖 27 - 平面配置圖與透視圖空間相對位置 | 43 |
| 圖 28 - 空間 3D 模擬圖 | 44 |
| 圖 29 - 空間實體模型..... | 44 |
| 圖 30 - 入口區 3D 圖 | 45 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 圖 31 – 梯田造型手繪圖、3D 圖以及模型..... | 46 |
| 圖 32 - 董事長區背景山造型手繪圖..... | 46 |
| 圖 33 – 董事長辦公桌手繪圖與 3D 模擬圖..... | 47 |
| 圖 34 – 董事長區 3D 模擬圖..... | 47 |
| 圖 35 – 端景牆手繪圖、3D 模擬圖和參數輸入..... | 48 |
| 圖 36 – 沙發手繪圖與 3D 模擬圖..... | 49 |
| 圖 37 – 接待區 3D 模擬圖..... | 50 |
| 圖 38 – 接待區與會議區模型..... | 50 |
| 圖 39 – 董事長區與伸展台 3D 模擬..... | 51 |
| 圖 40 – 董事長區、伸展台與會議區模型..... | 51 |
| 圖 41 – 矮牆手繪圖與模型..... | 52 |
| 圖 42 - 會議桌手繪圖與 3D 模擬..... | 53 |
| 圖 43 – 3D 模擬會議區..... | 53 |
| 圖 44 – 會議區與董事長區 3D 模擬圖..... | 54 |
| 圖 45 – 辦公區造型牆手繪圖與模型..... | 55 |
| 圖 46 – 蝴蝶造型雙人辦公桌手繪圖..... | 55 |
| 圖 47 – 蝴蝶造型雙人辦公桌 3D 圖..... | 56 |
| 圖 48 – 蝴蝶造型單人辦公桌 3D 圖..... | 56 |
| 圖 49 - 單人辦公桌椅手繪圖與 3D 模擬圖..... | 56 |
| 圖 50 - 辦公區 3D 模擬圖 1..... | 57 |
| 圖 51 - 辦公室 3D 圖模擬圖 2..... | 57 |
| 圖 52 – 辦公區模型..... | 58 |
| 圖 53 – 服裝展示間..... | 58 |

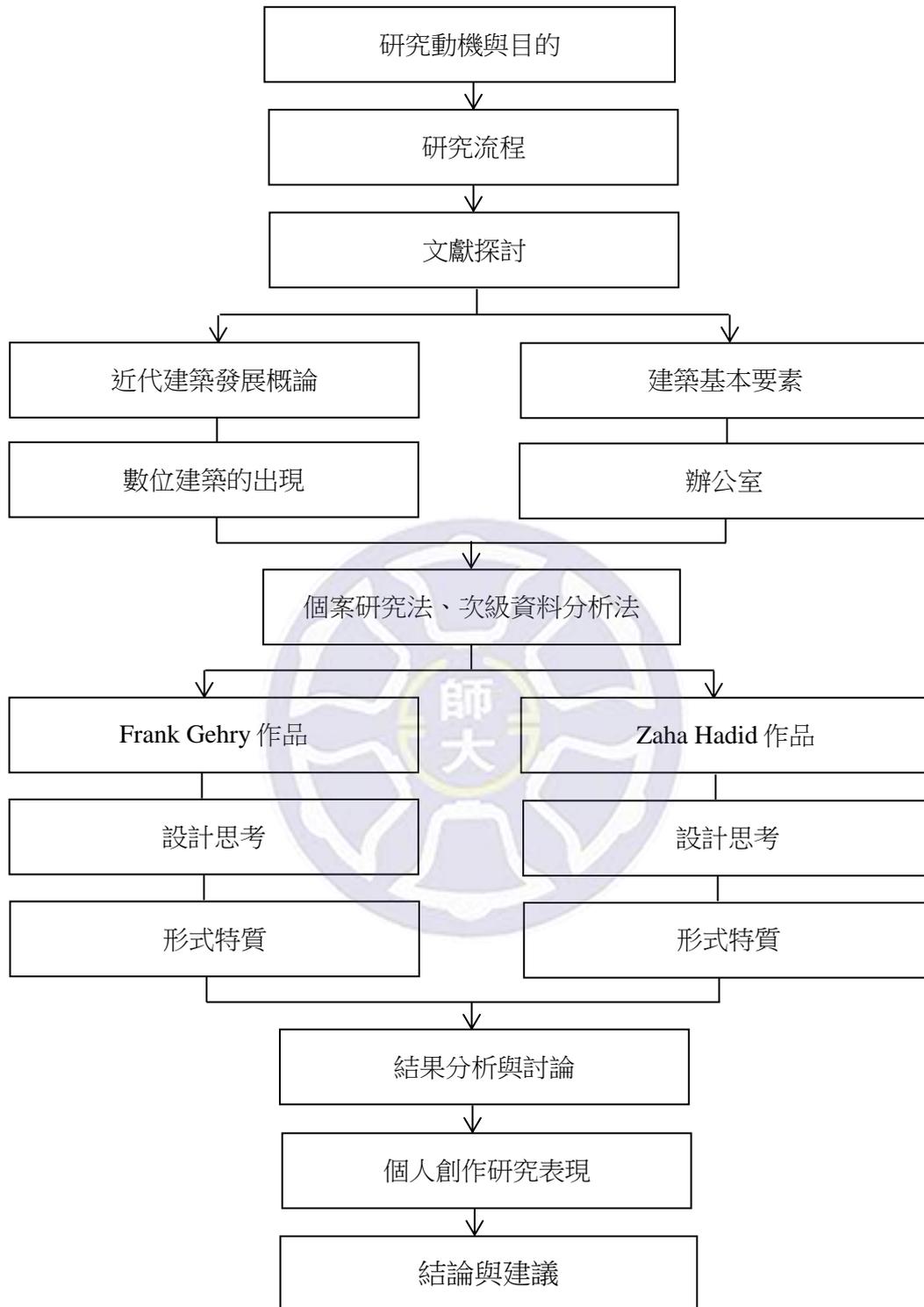
第一章、緒論

1-1 研究動機與目的

在一次的室內設計工作中，從一張首位女性獲得普立茲克建築獎的建築師 Zaha Hadid 設計的沙發椅，吸引我對所謂的數位建築設計產生了好奇，同時也注意到了許多被稱為數位建築的誇張造型設計的建築物，在世界上許多的城市出現，進而也發現在人類生活的空間中有許多產品的設計，都是透過電腦輔助設計產生的，從事室內設計工作的我，一開始接觸室內設計，就學習應用電腦輔助設計繪圖，但在創作的過程中好像並無法利用電腦直接做設計，而是將設計的概念、規劃和設計透過電腦輔助將其繪製成平面圖與施工圖，進行施工、以達到實踐整個設計方案。因此讓我對所謂的數位建築跟電腦輔助設計(數位媒材)產生了好奇，所謂的數位建築是甚麼? 透過電腦輔助設計完成的建築算是數位建築嗎? 為什麼數位建築的定義至今為止仍不確定的被質疑、被討論。所謂的數位建築是甚麼? 數位建築的概念是甚麼? 如何將數位建築的概念運用於室內空間操作?

自 1963 年起，電腦技術快速發展，CAD 電腦輔助設計繪圖、3D 動畫、人工智慧、模型建構等對於建築設計以及各類的設計有越來越深的影響與衝擊，因此數位時代的設計可以提供我們無限的想像空間。空間設計的目的是為了建構人類生存與活動的空間，綜合規劃設計生活和工作條件的整合過程。面對數位時代的來臨，數位科技改變了人類的生活空間與模式，在建築、室內空間和產品設計各種相關的領域相對地產生了極大的影響與變化。空間的形式和氛圍常常對我們的行為造成影響。我們身在何處我們常需要透過周遭特徵花時間加以辨識，藉以了解自我和別人相互之間的關係。也因為人與空間、環境氛圍之間的互動關係讓空間充滿驚喜。希望透過個案研究了解在數位媒材運用上最具代表性的建築師 Zaha Hadid 和 Frank Gehry 的作品，他們如何應用在他們的設計作品裡，將研究結果概念運用到辦公室的室內空間設計操作。

1-2 研究流程



第二章 文獻探討

一種建築的風格或潮流並非偶然形成，除了基本的自然環境影響以外必須從政治的、社會的、加上經濟與科技與文化的條件整體來理解。本研究文獻探討方向將從近代建築發展的脈絡切入，探討十八世紀中葉後的英國工業革命開始的工業技術對近代建築的影響，針對現代主義建築的特質進行探討，並對強烈批判了現代主義對於建築風格過度形式化，以功能為取向，過度重視技術層面而忽略人類情感的部分的後現代主義建築進行分析，並對於出現於 1980 年代晚期的後現代建築思潮中，反對現代主義建築中「形隨機能」、「形式純度」的解構主義加以探討，然而，自一九六三年起，電腦技術快速發展，CAD 電腦輔助設計，直到一九九零年代的網路時代的開始，到達今日的普及，短短數十年間電腦對人類的生活方式與空間觀念造成相當大的影響。建築一直是人類歷史上理性與感性相互結合體現的產物，更是對於人類生活水平評判的依據，所以必然受到影響。也因此數位建築同時挑戰人類對建築的想像與定義。現今因為科技技術在建築領域裡數位媒材在設計思考扮演重要的角色，因此數位媒材影響建築的設計思考和形式特質也在文獻探討的範圍。

2-1 建築的意義

要了解建築空間，我們必須先了解建築是什麼。建築一開始的功用是為了讓人類可以有遮風避雨的地方，當基本需求達到了，便開始將其變得舒適；然而在不同地區構成的文化，使得建築也會產生不同的類型。建築的類型最開始會因為不一樣的氣候條件所影響建築形式，在來是不同的宗教信仰和經濟體系，再以透過當地容易得到的素材做為建築構造的材料，這樣就逐漸現形成具有當地特色的建築風格。(French, 1998) Vitruvius，一位古羅馬的作家及建築師早在公元前一世紀就創作了《建築十書》，他的書中為建築設計了三個原則，即持久、有用以及美觀。Ching 在《建築:造型、空間與秩序》(1979)一書中也提到了「建築通常是反映現存狀況的想像(設計)與真實(營造)的結合體，這種狀況的本質可能是純機能的或在不同的層次上反映社會、經濟、政治甚至玄妙或象徵的意圖。在所有情況中，假設現成的狀況-

問題-總是未被滿足，那麼新的情況-解決-就是必要的，所以建築創造的行為就是解決問題或設計的過程。」

2.2 近代建築發展概論

2-2-1 十九世紀的建築發展

十八世紀中葉後的英國工業革命影響著人類的生活，許多的生產已經逐漸地進入嶄新的製造過程，手工藝陸續被工業所取代於予排除；技術乃開始成為具有決定性的因素，大規模的工廠開始取代個體工廠。(Van Loon, 2005) 十九世紀西歐和北美也陸續從傳統農業和手工業進入到工業化的時期，而在十九世紀三零年代末機器生產在許多基本的工業部門裡已經成為趨勢；然而，戰爭時期也促進了新技術和新材料的發展，戰後也廣泛被民用。(吳煥加，1998) 鐵在十九世紀發展迅速，鐵在建築領域也帶來重要的進展，一開始鐵件還沒有在住宅出現，而是用在拱廊、展覽大廳、火車站等暫時性的公共領域裡。(Benjamin, 1969) 十八世紀時英國在混凝土的技術逐漸轉移到法國，隨後在 1870 年和 1900 年之間是鋼筋混凝土最密集發展的時期，隨後鋼鐵和鋼筋混凝土成為了大型房屋的主要結構材料。(Frampton, 1999)

2-2-1-1 鋼鐵材料普遍運用於建築的預告

在 1851 年英國倫敦世界博覽會建成的水晶宮只花九個月的時間完成，整個建築物由 3,300 根鐵鑄，2,224 根鐵量 and 九萬多平方公尺的玻璃；鐵柱子是中空鐵管，所有鐵鑄的外包尺寸完全相同，不同部位的柱子僅變化管壁的厚度，以適應不同的承載力，可以說是英國工業革命時期的代表性建築物。(Van Loon, 2005) 接著在 1887 年法國巴黎建成的艾菲爾鐵塔都足以顯示工業革命後的新技術和新材料為未來建立高聳建築的可能性，更為 100 多年後成就出後來我們所看到城市的天際線。(Kolarevic, 2003)

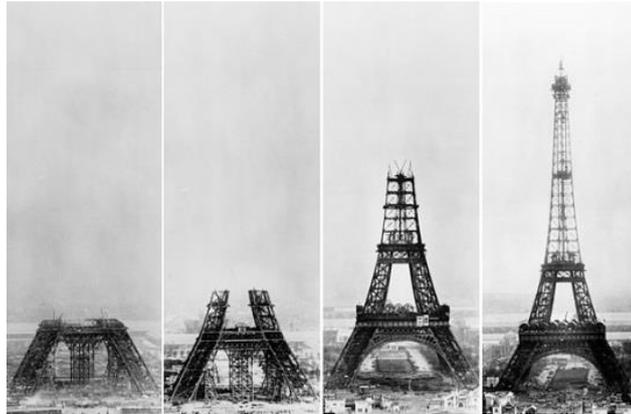


圖 1 - Stages of Eiffel Tower (1889)

資料來源: Kolarevic, 2003



圖 2 - Crystal Palace (1855)

資料來源: Kolarevic, 2003

2.2.1.2 新材料技術與傳統的對抗

工業化下的十九世紀，房屋建築帶來新的功能、材料以及技術，人們對於新物質技術的採用鮮少會抗拒跟猶豫，但是對於建築的觀念跟藝術的創新跟改變的接受度就不是那麼的容易。人們腦中原有的建築觀念很不容易退去，建築的新功能、材料和技術為建築思想和建築技術的更新提供了物質基礎，但是這還不夠，當在其他的領域有出現新的改變時，人們在會開始接受，建築的新藝術才會也被接受。(吳煥加, 1998) 在十九世紀建築探求新的表現形式，而基本上都是受到新材料所給予的機會所左右；例如，人造的東西，如鋼鐵和鋼筋混凝土，鋁和玻璃，這些都是屬於新技術的範圍，與傳統常用的木材和石材相比。人類各種目標與技術需求互相相調和，所以在現代主義建築可以知道透過我們的技術資源並且善加御用，則可發現新的價值。(Joedicke,1959)

2-2-2 二十世紀建築的發展

由於在十九世紀的鋼鐵及混凝土的技術純熟技術的發展，造就二十世紀的建築無論在技術上、功能上、觀念上以及設計上迅速的轉變與發展，尤其在歐洲及北美資本主義發達的地方，可以說是近代建築發展最早和最快的地區，間接也影響了世界其他地方的建築，也陸續發展出各種建築風格及主義。(吳煥加，1998)

2-2-2-1 現代主義建築的脈絡與特質

二十世紀前半發生了兩次世界大戰，受到第一次世界大戰的影響後，西歐的經濟困難和荒房使得建築師必須面對現實而促使他們建造經濟實惠的建築，形式跟隨機能的觀念對這時期的建築師有所影響；簡單的幾何圖形，外觀平滑鮮少有額外裝飾，大片玻璃和金屬在鋼結構或鋼筋混凝土結構上，使建築物看起來簡潔而且可以被快速的建成。(吳煥加，1998) 德國的 Bauhaus 校舍也在 20-30 年代初出現，可以說是的現代建築風格最具代表性的建築之一，Bauhaus 是一所教授美術工藝及建築的學校，Bauhaus 打破傳統的學院式教育方式，卻在短短 14 年間，培養了許多世界知名的設計師及建築師，並將其理論與學說對全世界產生而造成深遠廣泛的影響。

從 20 年代現代建築許多代表人物的主張及國際現代建築會議 C.I.A.M 的宣言來看，現代主義建築的重要觀點，如表 1。

表 1 C.I.A.M.的宣言

| 現代主義建築的重要觀點 | |
|-------------|---|
| I. | 強調建築隨時代而發展變化，現代建築要同工業社會的條件與需要相適應。 |
| II. | 強調建築師設計和建築物的實用功能，關心有關社會和經濟問題。 |
| III. | 建築師設計和建築物的實用功能，關心有關德社會和經濟問題。 |
| IV. | 主張在建築設計和建築藝術創作中發揮現代材料，結構和新技术的特質(architectonic)靈活自由地進行創造性的設計與創作。 |
| V. | 主張建築師借鑒現代造型藝術和技術美學的成就，創造工業時代的建築新風格。 |

資料來源: 吳煥加，1998

劉先覺(1999)曾提到現代建築的存在著不同的流派，而他們基本上的觀念大致上可分為：

- I. 強調功能
- II. 應用新技術的成就
- III. 建築審美觀趨向簡潔、明亮以及輕快的外部特徵
- IV. 注意空間組合與結合周圍環境

2.2.2.2 後現代主義建築的脈絡與特質

隨後現代主義建築出現了分裂，在 1977 年 Charles Jencks 出版了《The Language of Post-Modern Architecture》出現了「後現代主義建築」一詞，針對現代主義強調的純淨語言做了抨擊。(劉先覺，1999) 當現代主義建築在經過二十世紀前半葉非常旺盛的時期後，漸漸地開始有了對它攻擊和指責；從 60 年代起，世界各地區陸續出現新的創作傾向和流派。他們責備了正統現代主義過度重視技術層面而忽略人類情感的部分，也忽略了在新建築的環境和脈絡的互相配合。所以，新的創作傾向與流派突破了「國際式樣」建築風格的侷限。然而到了 70 年代，建築在世界上出現了更多元的風格形式。就在大約 1970 年到 1980 年出現了其中具有相當影響力的「後現代主義建築」(post-modern architecture) (吳煥加，1998)

Robert Venturi 在 1966 年曾表達跟正統現代主義有所不一樣主張。他喜歡建築的元素是混雜的、曖昧的、模稜兩可的，不喜歡單純潔淨的，寧願扭曲變形，也不喜歡直接的造型和過於簡化。Venturi 所表述的一種建築美學觀念，也在建築的形式中表現出複雜的，他認為完整、統一、和諧不再是創作的最高準則，而是相反的，要不完整、統一及和諧。後現代主義建築批判著現代主義建築的忽略人的情感和過於重視技術，但是後現代建築僅有在造型上和藝術方面為他們重視的部分；所以，並不代表現代主義從此地消失，後現代主義只是在建築風格上多了新氣象。(吳煥加，1998)

2.2.2.3 解構主義建築的脈絡與特質

解構主義理論原本來自於哲學概念，主要代表人物是法國哲學家德里達，他批判結構主義的所談的結構不應該是固定的，他認為結構不斷變化，沒有靜止的固定結構。(吳煥加，1998) 1988年3月曾舉辦過一天的解構主義國際學術討論會在倫敦泰特美術館，上午討論解構建築問題，然後下午則討論繪畫雕刻。(吳煥加，1998) 隨後，在同年的6月在紐約現代藝術博物館舉行了為期2個月左右的解構主義建築的展覽，共有七位建築師的作品受邀參展，呈現的作品有10件，作品有模型與圖畫，參展建築師包含 Coop Himmelblau, Peter Eisenman, Frank Gehry, Zaha M. Hadid, Rem Koolhaas, Daniel Libeskind, 和 Bernard Tsumi。在展覽的要旨提到這些參展建築師的作品及風格展現出不完美，不協調，斷裂，以及神祕，有別於傳統的美德。(The Museum of Modern Art, 1988)

這一派別的建築師試圖將傳統的建築觀念進行消解和淡化，將建築藝術提升為一種能表達更深層次的純藝術，把功能、技術降為表達意圖的手段。解構主義建築的形勢是散亂的、殘缺的、突變的、動式的和奇絕的。(吳煥加，1998；劉先覺，1999) 他們試圖將原有穩定結構性的建築轉化成強調結構的不穩定性和不斷變化的特性；他們顛倒事務的原有主從關係以及建立新觀念。(劉先覺，1999)

2-2-3 建築空間的基本要素

Ching(1979) 提到建築的要素定義在「建築的空間、結構及圍蔽感受是通過空間、時間的移動，完成藉由技術調整一個計劃，共生於其環境。」當中建築的空間是有組織的模式、關係及層次；空間的界定及意象可以藉由造型、尺度及比例，空間的表面、形態、邊緣及缺口，以及品質、視野、焦點及音響。可以藉由入口、路徑配置及路線，以及空間的序列來達到空間與時間的移動。在技術上要注意到結構及圍蔽、環境的舒適性、健康、安全以及耐久性。建築的組成需要關心到使用者的需求、需要及期望，它的完成也會受到其他影響，如法令限制、經濟因素、社會或文化因素、以及歷史上的先例。環境也影響建築的組成，如氣候、地理、以及周遭環境其他因素。(Ching, 1979)

建築本身因為調適人性行為而產生，而空間關係與組織要素將決定建築可以怎樣側近、抽離反應以及傳達意義。建築實體基本要素、系統及秩序是可以被體驗的，有些較模糊但有些則可以傳達某些意象或意義的，有些是具有重要地位的而有些則是次要的角色。他提出的要素及系統都應該互有關聯、互相依賴並且互相強化成為一個完整體，這時秩序就會產生。(Ching, 1979)

2.2.3.1 空間關係

單一空間形式會因為功能的需求，會有不同的空間大小、形狀以及空間質。空間質如開窗會影響採光、通風及日照條件；而不同用途，空間的門洞大小與數量也不同。在空間關係上的祖後透過功能需求及動線讓不同空間連結，以下表 2 室整理 Ching (1979) 在空間關係上提到不同組合空間的特質。

表 2 空間關係

| 空間關係 | 特質 |
|------------|--|
| 空間中的空間 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 被包容的空間型態可以與外面的空間型態相同但是方位不一樣相異來突顯裡面的空間。 2. 被包容的空間造型不同可以情話它的獨立形象，表達其機能的相異性，或是象徵上的重要性。 |
| 空間連鎖 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 兩個互相重疊的關係形成共有的區域空間。 2. 兩個互相重疊的空間可以被共同擁有。 3. 重疊的空間可以融入其一空間成為完整空間的一部份。 4. 重疊的空間可以獨立出來連接原來兩個的空間。 |
| 空間鄰接 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 在兩個鄰接空間之間發生的視覺與空間連續的程度取決於分離並連繫它們的鄰接面的性質。 2. 這分離的平面可以限制視覺和實質的穿越加強它們分別的個性和調整它們的相異處。 3. 這分離的平面可以在單一空間中的獨立立面。 4. 這分離的平面可以在單一空間中的柱列允許視覺及實質的交流。 5. 在單一空間裡用高低差來暗示有兩個空間的存在。 |
| 空間以公共空間相連接 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 兩個完全分開一段距離的空間利用第三個空間在兩者之間相連接，這兩個空間的關係取決於他們共有的公共空間的本質。 2. 中介空間的造型和方位可以與這兩個空間不同來表示連接的功能。 3. 中介空間的造型和方位可以和這兩個空間相同成為一系列的空間。 4. 中介的空間造型可以利用線性的方式來連接欲這兩個不相干而距離較 |

| | |
|--|--|
| | 遠的另一個空間。 5. 中介空間夠大可以成為優勢空間來組織周圍的其他空間。 6. 中介中間的造型可以由兩個連接的房間來決定。 |
|--|--|

資料來源: Ching, , 1985

2-3 數位建築的出現

2-3-1 數位設計媒材的發展

數位(digital)一詞早在 1897 年的牛津英語辭典裡曾解釋為有關手指或數字；但是，到了 30 年代末期和 40 年代初期，數學家 and 工程師發展了新技術有別於所謂的類比(analogue device)，後來稱之為數位(digital)，所以到了 1989 年的解釋名詞才在字典上多加了「在電腦上運算時所用之數據。」(Digital, n.d.) 1952 年的時候美國麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology) 在銑床機器上安裝了一台數位電腦，成為第一台用數位控制機械的工具，取代了用人工的方式操作，更使得研究員可以生產比用手工製作飛機組件還要複雜的形狀。(Gersbenfeld, 2012)

而美國科學家 Ivan Sutherland 在 1963 年研發了繪畫板 (Sketchepad) 的技術，運用一支光電筆繪畫到繪畫板上，然後輸出成數位檔至電腦程式中，並能馬上在電腦上反應出繪畫的圖像；此時開始展開了二維空間的繪製。(Oakes, 2001) 1963 年電腦開始具備繪圖功能，同時也出現了第一代的 CAD 電腦輔助繪圖(computer-aided drafting)，它可以記錄大量的圖文資料，也更進一步被稱為電腦輔助設計(computer-aided design)。(劉育東等人, 2001) 一開始 CAD/CAM 是用在產品設計的領域，而像是 Softimage、Alias 和 Maya 則用在電影工業中；這些技術不僅僅協助跨大創新的範圍，也在建築領域被廣泛的使用以及讓建築師挑戰更大的極限。(Kolarevic, 2003)

表 3 電腦輔助設計年代表

| 時代 | 設計媒材 | 設計媒材影響 |
|--------|------------|----------|
| 古埃及時代 | 圖面 | 紀錄 |
| 古希臘時代 | 實體模型 | 宗教祭祀 |
| 古羅馬時代 | 專業圖面 | 建築圖系統建立 |
| 文藝復興時期 | 實體建築模型及透視圖 | 設計思考 |
| 二十世紀初 | 自製設計媒材 | 既有空間設計突破 |

| | | |
|--|---|---|
| 二十世紀中 六零年代 七零年代 八零年代 九零年代 二十一世紀 | 數位設計媒材 框造型系統 曲面造型系統 實體造型系統 參數化實體造型系統 變數畫實體造型系統 | 設計圖面(節省時間、人力) 數位化手繪圖 數位化三度空間 數位空間擬真 彈性數位三度空間建模 依變數創造多個建築設計 |
|--|---|---|

資料來源: 梁凱翔, 2008

《2020 東京大改造》一書曾訪問了 Zaha Hadid 建築師事務所的共同創辦人 Patrik Schumacher, 也提到事務所在概念設計階段使用 3D 建模軟體「Rhinceros」與「Grasshopper」來創造出獨特的造型, 不過到了細部設計階段, 就會全部轉換成 BIM (Building Information Modeling, 建築資訊模型) 檔, 在虛擬空間中打造建築物, 圖 3 為 Rhinceros 和 Grasshopper 的範例。除了是從 3D 數位模型開始使用, 也會是情況是否需要使用 3D 列印將數位模型輸出至實體模型來檢視。「數位研究所佔的比重愈來愈高。因為在電腦中進行的型態和空間的驗證符合物理, 並且能夠形成數值化資料, 讓計算更加方便。」(Schumacher, 2015)

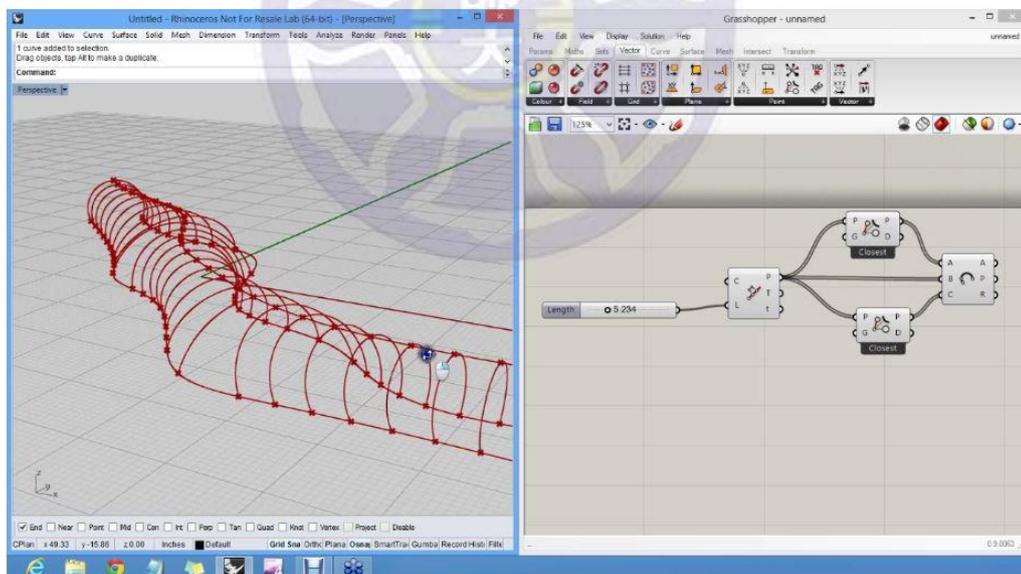


圖 3 - 變數化實體建模
資料來源: Rutton, 2017

2-3-2 數位媒材影響設計思考

在工業革命以前，當沒有電腦輔助設計的情況下建造一座造型較複雜的中世紀的大教堂需要耗時數十年甚至上百年的時間完成。(Mitchell, 2004) 建築師 Antoni Gaudi 在西班牙 1882 年開始建造的聖家堂就是其中一個例子，他利用仿自然的手法和非幾何形的造型至今尚未完成，當時的設計他利用不同比例重量的小沙包用細線掛在模型上，藉由地心引力將自然的曲線反射到下方的鏡子，讓它可以描繪出自然弓形的輪廓。(Fazio, Moffett, & Wodehouse, 2003) 直到在 2000 年時當代澳洲皇家理工學院教授 Mark Burry 透過電腦輔助設計媒材繼續進行 Gaudi 尚未完成的聖家堂，預計在 2030 年完工。(邵唯晏，2016)

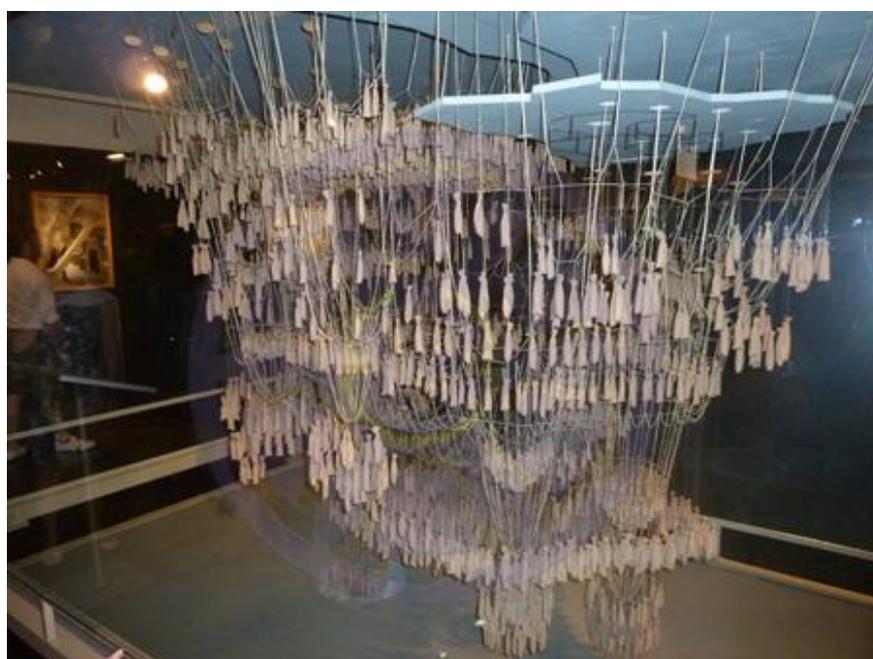


圖 4 – 西班牙聖家堂沙包模型

資料來源: Funes, 2011

劉育東定義數位建築為「凡是將各類電腦數位媒材，關鍵性的引用在建築設計完整的過程中-自設計概念、早期設計、設計發展、細部設計、施工計畫、營造過程等任何一個階段或幾個階段甚至全部的過程-並因而在機能、形式、量體、空間、或建築理念上有關鍵性的成果的建築，均可廣義為數位建築。」(劉育東等人，2001) 劉育東提到數位建築發展出四個可能的可能定位，數位建築可能是一個新工具-只是利用電腦繪圖或電腦輔助繪圖的功能；新理論-電腦透過數位媒材影響著設計思考模式、方法、與空間概念；新時代-數位影像產、社會、文化的影響；新革命-形成新思維模式與生活方式。(劉育東等人，2001) 設計思考和設計媒材是不可分的，數位

媒材的選擇影響這設計呈現的結果。(Schumacher, 2004) 「1990 年至 2000 年必然是關鍵的萌芽期。數位媒材融入了創作思考的過程中使得建築師有機會去挑戰長久以來在創作的侷限，而發展出更多不同的全新體驗。」(劉育東等人，2001)

數位建築是從數位設計媒材的出現開始後在建築的形式上呈現出更多的變化，給予了建築師有機會挑戰造型上的極限，形狀可以更為複雜，和以往建築常看到的幾何造型有更多的突破；藉由數位媒材運用在建築設計過程中，由設計者將抽象的概念繪製(輸入)到實際設計結果(輸出)，過程中已由過去的二度空間到現今的三度空間建模，參數化實體造型系統已經可以更有彈性的形狀與尺度的變化，提供建築師在設計思維上產生更多的可能性。(Mitchell, 2004) 1997 年完工的畢爾包古根漢美術讓世人看到了建築的新現象，人們所開始稱之為「數位建築」。(劉育東等人，2001)

在 1960 年代，「非線性」理論也就是複雜科學理論稱「不按比例、不成直線的關係，代表不規則運動的轉換及躍變」，更能合理的描述存在於自然界中的動態、不規則、自相似組織、遠離平衡狀態等現象及型態，例如宇宙結構、氣象、雲彩、海岸線、樹枝、雪花等。(邵唯晏，2016) Zaha Hadid Architects 的創辦人之一 Patrik Schumacher 也提到了在 3D 模型技術的產生之下是形成現今的前衛建築形態以及新建築語言，有所謂稱之的流體建築(Blob-architecture)、皺褶(Folding)、變形(Deformation)、參數式建築(Parametric Architecture) 和數位建築(Digital Architecture)；而他們最明顯的特徵是複雜的和動態的曲線。(Schumacher, 2004)

電腦輔助以及數位媒材對設計的影響，不只是繪圖上的幫助，材料科學和構架數也幫助不少。建築師發現他們利用減少建築複雜度的設計而可以快速有效率地蓋出大量的建築，像是摩天大樓、工廠、以及大量的住宅；運用標準化，大量生產降低成本，簡單的造型，重複的樣式。但是當技術日益月新，建築室不只希望運用於簡單的造型而是尋找新形式的造型，然而電腦輔助及數位媒材可以加快速度的能力以及解決複雜造型的能力。(Mitchell, 2004)

中原大學建築系及室內設計系的教授邵唯晏 (2016) 提出了非線性建築的十大特質，分別為數位性、動態性、拓樸性、自相似性、模糊性、清透性、多項連結性、

地景性、地域型以及永續性；這些非線性趨勢是建立於現在數位媒材發展之上，使得這種形式、材質、建築表層都有實現的可能。他解釋非線性「用以指稱不按比例、不成直線的關係，代表不規則運動的轉換和躍變。它完全不同於牛頓原理的現代線性科學，卻能更合理地描述存在於自然界中的動態、不規則、自相似性組織、遠離均質狀態等現象及形態。」(邵唯晏，2016) 表 4 為邵唯晏提出的十大非線性建築的特質與概念。

表 4 十大非線性建築特質

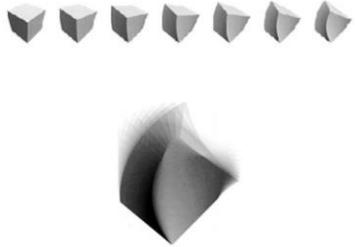
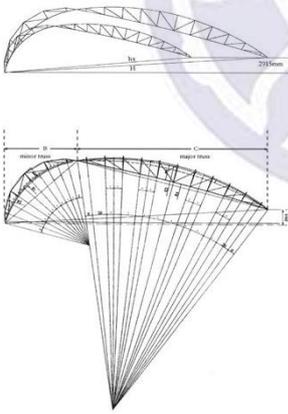
| 非線性建築特質 | 概念 |
|---------|---|
| 數位性 | 設計團體在建築整體週期中(評估、設計、營建到管理)到以數位為基礎的共享平台，並用一種思維邏輯方法將資訊相互組織起來，使之兼具有互相影響與支配的連帶關係(relating)，讓創造「有序的複雜」成為可能。然而無可非議的，無接縫，連續性差異、動態流體感、多元複雜、非常規幾何的非線性有機形態也的確是數位性最直接最基礎的表現之一。 |
| 動態性 | 非線性建築的動態性格可分為四個層次。第一是實際為靜態，但視覺上透過設計手法或新媒體的應用創造出動態感，通常會反映在建築形態或皮層(surface)上。其二是在空間架構上採用非最經濟思維下之複雜動態結構系統。第三則反映在空間佈局的層次，透過合理的開放式的空間安排，創造流暢之的空間體驗感。第四是建築開始被賦予真正移動的能力，透過創造出客動支構造物或機構，並藉由機械力或物理環境使之移動或動作。 |
| 拓樸性 | 由拓樸學所衍生出來的「拓樸性」(Topology)則是指在連續的轉換下保持不見的性質，包括連通性、一致性及游離性等特點，適合拿來描述漸變的形體與現象-當幾何形體受到變形動作時，形變前後點與點的相對位置都保持不變，而無關乎形體的長短、面積等度量性質，就像是一塊黏土受到外裡擠壓而變形，但是行變後的黏土與其變形的狀態，從拓樸學的角度來看完全是相同的。 |
| 自相似性 | 自相似性借鏡於數學和仿生科學，都是在自然界中找尋和效仿潛在的構成規則、生長邏輯、功能組織等，進而反映在建築的生成機制、結構構成和有機型態。自相似性的基本特徵是:將一個幾何形狀分成數個局部，而每一個局部都相似於整體的形態。 |
| 模糊性 | 基本上可以分為三個層次，的一是表現在形態上，是對於現代主義方盒子系統的解構與反動，企圖柔化空間元素(如天地壁)的絕對性。第二個層次著眼於空間介面與邊界的再詮釋。最後則反映於內在空間組織及屬性的滲透與再定義，如內外的交融連結、公私的交替對話、空間構成關係的再組織等。藉此特質來容納或誘發更多可能性的連結與事件(event)。 |
| 清透性 | 主要進程是架構在建築對於科學技術依賴的基礎上，而所謂當代的 |

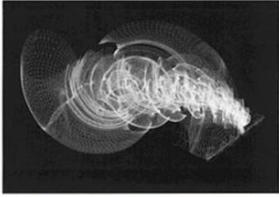
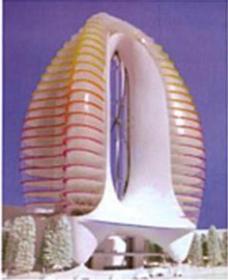
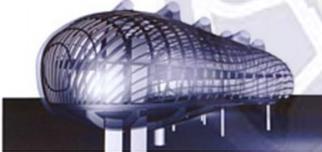
| | |
|-------|--|
| | 科學技術就是指設計媒材(design media)、營建技術及數位科技；實質上反映在結構的精密運算與新複合材料和工法的出現，賦予建築師更有能力追求極限的輕盈美學，有效運用當代的科技立、新材料、構築法(tectonic)及結構行為來強調「輕質」與「透質」的物理屬性，進而影響空間之間滲入透出的關係，創造各種多元的非線性輕質建築。 |
| 多項連結性 | 有別於過往單一線性的對應關係，開始被多元網路的思維所取代，不以單一的機能、用途或觀點來定義一個空間、建築或物件，應該致力於創造出更多複合及彈性使用的機會。而跨界整合所產生的多項連結合作，也建築的可能性與承载力更加擴展，無論反映在建築的設計面、營造面甚至是營運面，建築本身被賦予更大的延展力及支援力，創造更多對話、互動的契機。 |
| 地景性 | 廣義的定義是指所有視覺可見的有形景物或景觀，且明確受到政治、文化、經濟、社會、活動等驅動力的影響獲支撐，並在交互作用下所生成的具有函構(context)或敘述力(scenario)的視覺產物，甚至開始再定義「圖底關係」。簡單的說，建築不再只是一棟建築，開始被視為地景的延伸，而地景性也將遵循行隨行為(Form Follow Behavior)的關聯結果，回應非線性「網路思維」的基礎本質。 |
| 地域性 | 當代非線性建築的「地域性」特色，必須放在「無國界」的大環境下觀察。在這觀察脈絡下，設計的「自明性」(identity)成為值得關注的議題。 |
| 永續性 | 因而透過大數據(Big Data)的基礎和科技的手段，試圖在毅然解找尋潛在可能的秩序和現象，因而造就了公想、多元、複雜、精密、有機、包融的設計策略和建築形態，企圖在當代持續城市化的進程中置入永續發展的因子。 |

資料來源: 邵唯晏，2016

Kolarevic 在他的著作《Architecture in the Digital Age》中提到，數位媒材不只是可以呈現視覺的工具，更是在生成的過程中延伸出更多數位的型態；數位媒材在建築師從過去強調的製作形式 (making a form) 到現在強調的發現形式(finding a form)。表五顯示 Kolarvic 整理出了幾種的數位型態，如拓樸學、非歐幾里得幾何、非均勻有理 B 樣條、參數式、動力和力量領域、變形、遺傳學及 performative architecture. (Kolarvic, 2003) Schumacher (2009) 曾提到參數式建築的參數技術不再只是一種電腦科技的技術而是已經成為現今數位科技發展出的一種風格了；使用動畫、模擬、尋找形式的工具、參數式建模和程式編寫啟發了一個新運動和價值，現金在全球也更多研究人員投入系統的設計。

表 5 Digital Morphogenesis (數位型態)

| | | |
|--|---|--|
| <p>Topology 拓樸學</p> |  | <p>在拓樸學上除了拓樸結構的概念上可以架構出無限形狀，例如拉伸或扭曲。例如圓形和橢圓形或正方形和矩形可以被認為是拓樸等同的，因為圓和方形可以分別通過將它們拉伸成橢圓形或矩形而變形。在建築的結構上的潛力是透過拓樸結構使其建築的內部和外部之間的界線增加了其模糊性，不是這麼明確的區別「內」與「外」。</p> |
| <p>NURBS (非均勻有理 B 樣條)</p> |  | <p>在數位前衛建築中，高度曲面的形體在數學上可以被描述為 NURBS，它是代表非均勻有理 B 樣條的 (Non-Uniform Rational B-Splines) 首字母縮略詞。NURBS 特別吸引人的是從簡單的 2D 直線、曲線到 3D 自由造型曲面和實體，它們能夠通過交互式操縱控制點、階數和節點來輕鬆控制其形狀。</p> |
| <p>Parametrics (參數式)</p> |  | <p>參數可以通過描述一系列的可能性來提供強大的建築形式概念，使用參數設計師可以創建無限數量的類似對象。當這些變量被分配特定的值時，特定的實例是從潛在的無限範圍的可能性創建的。</p> |
| <p>Dynamics and Fields of Forces (動力和力量領域)</p> |  | <p>建建築形式而不是被認為是一個靜止的惰性構造，在概念上是一個高度塑性的和可變的實體，通過與外部梯度力或坡度的變換相互作用形成動態的演變。</p> |
| <p>Metamorphosis (變形)</p> |  | <p>數位建模軟體可以讓設計師從已經構思的幾何體再發展出或轉換更多可能性的形體。其中拓樸的變形和扭曲也可被視為變形。</p> |

| | | |
|--|--|--|
| |  | |
| Genetics (遺傳學) |   | 建築形式利用基因裡染色體的串狀結構，兩條平行線扭曲的造型。L 系統 (Lindenmayer system) 是一種不同形式的規則用於植物生長過程建模，形成自相似性的規則。在基於生物隱喻的生成設計的兩種方法中，建築師的任務是定義共同的形式來源，即一個大類似物體的“遺傳編碼”，其中通過不同的“繁殖”過程實現品種。 |
| Performative Architecture (表演建築) |  | 另一種建築也正在出現，將建築性能作為指導性設計原則，並採用了以城市，建築物，景觀和基礎設施設計為基礎。這種新型體系結構在形式上形成了廣泛定義的性能：它利用定量和定性的基於性能的模擬數位技術為構建環境的設計提供了一種全面的新方法。在這種新的信息和模擬的設計環境中，基於性能的設計的新興範例被廣泛地理解，其意義涵蓋了從財務（業主的角度），空間，社會和文化到純技術（結構，熱力學，聲學等）對重型施工性能的重視（再次從財務，空間，社會，文化，生態和技術角度廣泛了解）正在重新定義建築設計及其過程和實踐的期望。 |

資料來源: Kolarevic, 2003

Greg Lynn 在 TED Talk 的訪談中提到建築師不再運用比例而是模仿自然裡的型態做為參考，然而這些模仿仰賴著現在數位媒材的技術去完成。Lynn 也提出透過理解 William Bateson，一位英國的基因學家提出的斷裂法則(symmetry breaking)，指的是對稱跟秩序和組織事無關的，當你欠缺資訊的時候，你就會回到對稱，然後當你資訊得到的越多時，就可以打破對稱，去發展出理想的形狀。(Lynn, 2005)

2-4 辦公室

2-4-1 辦公室起源與發展

根據劍橋字典對 office (辦公室) 的定義，是指人們在某個房間或在某部分的建築物裡坐在辦公桌工作有電腦和電話等伴隨。(Office, n.d.) Office (辦公室) 一詞是從拉丁文 officium 演變來的，意思是服務或責任 (service or duty)，已知第一次使用這名詞是在 13 世紀的時候。(Office, n.d.) 辦公室的起源可以說是跟文書工作開始有所關係，從有文字以來並且可以有系統紀錄開始就有像辦公室一樣的空間存在，例如修道院、圖書館、或是學者的房間。(Saval, 2016)

在英國及美國工業革命之後，處理會計及帳單的文書工作增加，需要處理這些事項的職員需要更多的辦公場所來完成。(Saval, 2016) 當更多的辦公桌需求增加，當時就會用一張簡單的辦公桌含有抽屜及一張椅子，盡量的在空間裡擺滿，達到空間有效的利用。泰勒主義就是以在辦公空間規劃以最有效率的方式來設計，其實就像工廠的擺設秩序放進辦公室裡規劃，通常不以人為本；雖然辦公室裡工作的員工稱白領階級可以在乾淨的環境中工作，但是卻沒有人提出如何將辦公室環境設計讓員工提升「生產力」。(Saval, 2016)

Robert Propst 是一名美術系的教授，他在 1950 年代受聘到一家家具公司 Herman Miller 在美國密西根的研發總部，希望他可以幫助 Herman Miller 的成長。當時的典型辦公室是一個開放空間每一排每一列都擁擠地排滿了相同的辦公桌，Propst 決定要為辦公家具的設計作一翻改變。(Friedman, 2014) 當時沒有設計師討論如何讓辦公室舒適而且有效的讓員工增加生產力，Propst 認為在辦公室的工作時一個動腦的工作，而有效的動腦是可以受到周遭的環境影響；所以，Propst 開始了針對專業學者進行調查，他除了訪問員工、醫生和心理學家，也訪問了產業關係學者，他認為在辦公室力工作和社會科學是相關聯的。(Saval, 2016) Propst 研究調查之後得到的結論得到許多人的迴響，他認為「在辦公室的工作環境裡，均衡的身體活動的重要性、促進工作力的環境需求、視覺刺激的實際功能，以及開放的工作空間非常重要。」(Saval, 2016)

在 1958 年，Schnelle 兄弟成立了 Quickborner 諮詢團隊在漢堡郊外的空間規劃公司。他們透過了解員工需要的空間類型和隱私度，還有員工通電話和談話的時間比例來看，他們結論出了一個方案，稱之為「Bürolandschaft」，也就是指開放式辦公室，他們讓辦公空間沒有實體的隔間，讓空間配置式流通的，然後是用植栽來界定地區或區域。(Saval, 2016)

倫敦大學學院的教授 Alexi Marmot 在英國的 The Guardian 《衛報》提到雖然開放式辦公空間可能最造成噪音干擾，不易調整室內溫度和光源，但是可以依照不同工作性質分配到適合的位置來克服開放空間的缺點。(Hickey, 2015)

現今的辦公室型態從有隔間封閉的辦公室到開放式的辦公室在不同的工作場所還是可以看到這兩種極端的工作空間。Friedman (2014)認為辦公室設計可以左右工作時的思考進而影響工作的效率與生產力，所以他提出了三種辦公室空間方式可以根據不同工作的需求所規劃。第一種辦公室空間由許多植物的佈置，擁有挑高的天花板，以及可以看到寬廣的視野，而這一類型的辦公室促進員工的創意思考。第二種的辦公室空間是在具有隔音效果的小房間裡，這裡面可以讓需要員工中專注在工作上的空間。第三種則是開放式辦公室空間，在這空間裡可以讓員工拿著筆記型電腦到處工作，跟其他員工一起思考，這種工作環境可以互相激發思考與想法。Friedman (2014)許多公司開始趨向於設計出不同類型的工作空間給員工使用，甚至以上三種 Friedman 提出的三種類型皆被設計到公司的辦公空間。

Saval 在他的《隔間:我們如何從 19 世紀因二帳房走到 21 世紀 Google 人性化辦公空間》(2014)一書中也提出 Friedman 類似的辦公空間的想法，Saval 認為現在整個辦公室的空間都是生財工具，而不是把所有的生產力局現在辦公桌上；例如在公共區域、走道都有可能是藉由不同領域或部門的員工相遇而激發出創意思考，所以這些空間都是可以設置暫時停留的休憩家具。(Saval, 2016)

2-5 小結

十八世紀後半葉的英國工業革命後的建築跟其以往的建築觀念和技術產生了變化，尤其是鐵件與混凝土；然而，從二十世紀末到目前的二十一世紀初的數位時代也為建築帶來改變，不再是當初現代主義的樣貌，後現代主義與解構主義漸漸出現，數位影響了設計師在設計思考到完成作品給予了更多的可能性。每當有技術的革新產生，建築總帶來煥然一新的改變。數位媒材影響著設計者可否從抽象的概念被呈現出來，在許多領域裡產生了很多突破，尤其在建築上以前需要耗時數十年甚至百年的時間才可以蓋出現今我們稱的數位建築。所以從上述的資料蒐集，我們可以知道出現今數位建築在概念發想、形式特質、材料科學以及構築術上有很大的突破。透過 Patrik Schumacher、Branko Kolarevic、邵唯晏和劉育東等人提出的數位建築特質，以下以表的方式整理出六種數位建築的形態特質，包含動態、拓樸、地景、參數式、永續以及基因。

表 6 數位建築的型態特質

| | |
|----------------------|---|
| 動態 Dynamics | 指高度曲面的形體，也可稱為動態曲面和流體，其他造型如皺褶、非制式理性貝茲曲線(NURBS)。 |
| 拓樸 Topology | 指當物體一直被連續變化時，在改變當中不撕開、不黏合也不挖洞的情況之下，被變形的物體和形變前的物體，在拓樸學來說性質是一樣的。例如，圓球體被連續變化後變成四方體，拓樸性質相同的；這些興致包含變形和摺疊。 |
| 地景 Landscape | 「地景」可以是載體，反過來透過敘事性(Scenario)的設計手法也能反向交織出地景性。將空間轉換為具有地景性格的場域，也進而回應了環境的脈絡。 |
| 參數式 Parametrics | 參數可以通過一系列的可能性來提供強大的建築形式概念。藉由電腦處理大量重複的資料運算，設計師可以創建無限數量的類似對象或物件，透過變動的設計條件輸入直接轉譯為視覺化的建築形態輸出，讓設計流程變成一種動態的回饋機制，可以讓設計師來即時評估與調整建築。 |
| 永續 Sustainability | 因而透過大數據(Big Data)的基礎和科技的手段，試圖在毅然解找尋潛在可能的秩序和現象，因而造就了共享、多元、複雜、精密、有機、包融的設計策略和建築形態，企圖在當代持續城市化的進程中置入永續發展的因子。 |
| 基因 Genetics | 模仿生物的結構和原理運用到建築設計上。 |

資料來源: 本研究整理

第三章、研究方法

研究是透過有系統的資料蒐集與分析，尋求答案的過程，目的為解決問題。社會科學研究的研究對象是人，或是跟人有關的。(Neuman, 2014) 研究主要分為兩大類: 量化研究和質化研究。量化研究主要以統計與測量的方式進行分析研究，可以預測和分析特徵和行為；然而，質化研究透過非數字形式的資料進行分析研究，包含田野研究、訪談等方法進行研究，質化研究較可以看見事物的全貌以及更深入了解其研究對象。(Neuman, 2014) 透過文獻回顧的整理，歸類出數位建築在概念發想、形式特質、材料科學以及構築術上與以往的傳統建築有所不同，而每個建築師也透過數位媒材發展出他們獨特的數位建築。本研究特別針對數位建築的概念發想和形式特質來進行研究及分析。首先，在文獻回顧階段歸納出數種數位建築形式特質，做為案例分析之參考依據；使用個案研究法分別對不同的數位建築作品案例進行分析。

3-1 個案研究法

本研究需要透過對數個數位建築作品分別作深入的研究，了解數位媒材在其作品上的影響，因此藉由個案研究法作為研究方法。個案研究是科學研究的一種方法，它可以對問題有深入的了解，協助找出問題的解決辦法，是一個精細且有深度的一種研究方法；它需要研究者細心的觀察力及洞察力。(陳雅文, 1995) 它主要針對一個或是少數的個案透過其大量的資料進行深入的檢視，把焦點集中在每個個案裡，以及其個案的情境脈絡的細節上，藉此可以幫助我們對個人、團體、組織、社會、政治和相關現象的了解。(Yin, 2013)

數位建築在概念發想、形式特質、材料科學以及構築術上與以往的傳統建築有所不同，而每個建築師也透過數位媒材發展出他們獨特的數位建築。普遍大家認同有名的數位建築設計的建築師有 Frank Gehry 和已故的 Zaha Hadid，以及兩位分別在 1989 年及 2004 年皆為普立茲克獎的得獎者作為研究對象。當時宣布 Hadid 得獎的主席 Lord Rothschild 表示 Hadid 在她的理論和學術工作的同時，作為一名執業建

築師，她一直堅定不移地致力於現代主義；始終具有創造性，她已經從現有的類型學轉向高科技，並改變了建築的幾何形狀。(Hadid, 2004) 然而 Gehry 在 1997 年西班牙的 Bilbao Guggenheim Museum 成功的讓全世界看到透過科技技術協助完成的新興建築，可以說是在建築造型風格上很大的一個轉捩點。所以本研究將針對這兩位建築師以及他們的透過數位媒材打造出的建築作品做深入的分析與研究。將以每位建築師的三個重要的建築設計作品做為案例分析的個案。為了達到研究設計類型的廣泛性，挑選的六個作品都是屬於不同類型的建築，有商業大樓、美術館、醫療研究中心、綜合型大樓、文化中心以及住宅大樓。

3-2 次級資料分析法

本研究將針對挑選出的建築設計作品進行次級資料的蒐集。因為在研究的過程當中，收到很不幸的消息其中研究對象之一 Zaha Hadid 於 2016 年 3 月逝世，故無法透過本人得到初級資料，研究方法則改為次級資料分析法。次級資料分析法是非反應式研究的一種，其他包含非介入性研究、現存統計資料分析以及內容分析；次級資料分析法透過蒐集之前的調查的資料進行研究。次級資料分析的結果是由許多細節和和詮釋出來的。(Neuman, 2014) 次級資料的來源包含來自政府部門的資料、工商業的研究、文件資料庫、企業組織資料、書籍、期刊與論文；透過既有的資料坐進一步的分析研究。(Kamins & Stewart, 1993) 本研究針對 Gehry 和 Hadid 分別的三個作品，透過每個作品的次級資料蒐集後，分析他們的設計思考以及作品的形式特質。

3-3 案例分析- Zaha Hadid

3-3-1 Zaha Hadid 背景

Zaha Hadid 在 2004 年獲得普立茲克建築獎，是第一位女性建築師獲得此獎。1950 年 Zaha Hadid 出生於伊拉克巴格達，在貝魯特的美國大學就讀了數學系，後來在 1972 年開始定居於英國並就讀建築學會(Architectural Association)學習建築，畢業

後即在 Office of Metropolitan Architecture (OMA) 工作，和 Rem Koolhaas 及 Elia Enghelis 一同在建築學會教學，並且成為伊拉克裔英國建築師。(Hadid, 2004)

多數的人認為她的設計風格是一貫的簡約現代，而有些建築太過現代而備受爭議。特立獨行是她的標籤。雖然生長在回教國家，但因為家庭富裕開明，和壓抑的一般回教國家不同，使的她在設計上出現極端的不一樣。1981 年到中國香港，她到過中國的很多城市。她覺得到中國看到很多城市是她這輩子很特別的經歷，她找到中國文化和阿拉伯文化的相似處的連結，房子有自己圍起來的庭院。她在設計時會找尋文化和文化之間的相似之處。她之前對山川流水的風景並無興趣，而她的設計流線是和山川流水。古代的生活的都是沿著河流，像開羅和巴格達也很相同。當時她獲得了香港山頂俱樂部競圖，當時在設計發想時到了山頂，當時的香港山頂雲霧迷濛，她看不到風景，她開始在想設計這俱樂部時，她認為室內一定要很棒的風景，她要創造景觀和情景，因為無法從大自然拿到。從這得知 Zaha Hadid 在設計時會依照當時情況取得靈感。(哈迪德, 2014)

3-3-2 案例一: 520 West 28th Street

3-3-2-1 案例背景

520 West 28th Street 是 Zaha Hadid 在紐約設計的一座 11 層高的住宅公寓，由紐約開發商相關公司(Related Companies)委託 Zaha Hadid 設計，工程則由紐約的 Ismael Leyva 建築師事務所承攬。此案件地址就位於近年來廣受歡迎且具有歷史性的紐約市曼哈頓 High Line 公園旁，High Line 是近幾年由政府從荒廢的高架高鐵道改造成給市民休憩使用的高架公園，長達 1.45 英里。原本荒廢的鐵道影響了周遭的經濟，許多公司和店家都陸陸續續搬離鐵道旁；但是，隨著高架鐵道被改造後周遭就又開始活絡了起來，不只每年吸引數百萬的觀光客，更振興了周遭的房地產。(Gregor, 2015)

3-3-2-2 設計思考和形式特質

設計這座住宅大樓時，周邊具有歷史性的環境引起 Zaha Hadid 的注意。她將鐵道上路面的造型和建築物戶相連接，這些動態曲線創造出獨特的 V 形圖案或鋸齒型的雕飾，其中包含交錯層次，這樣可以提高住宅之間的隱私和安全性。(Related Companies, 2013) 擁有寬敞的雙層入口大廳，公共花園，寬敞的露台，私人庭院，當然還有紐約市的獨特景觀最受人喜愛的景點：高線。(Rosenfield, 2013)

Hadid 的設計是將彼此流動的體積相結合，加上地景的融入並遵循一致的形式創造了建築整體合奏的靈敏度。通過重新塑造空間體驗的安排，每個住宅都將擁有自己獨特的身份，提供多個視角和令人興奮的鄰里景觀。」(Related Companies, 2013)



圖 5 - 520 West 28th Street 住宅大樓
資料來源: Zaha Hadid Architect, 2015



圖 6 - 520 West 28th Street 住宅大樓
資料來源: Zaha Hadid Architect, 2015



圖 7 - 520 West 28th Street 住宅大樓
資料來源: Zaha Hadid Architect, 2015

3-3-3 案例二: Heydar Aliyev Center

3-3-3-1 案例背景

Heydar Aliyev Center (阿利耶夫文化中心) 是位在亞塞拜然共和國的首都巴庫，由建築師 Zaha Hadid 在 2012 年建成的當地城市的新地標。這棟建築包含了一個博物館、一個圖書館和一個可容納 1000 人的會議中心。自 1991 年獨立後，亞塞拜然共和國積極的投入首都巴庫在公共基礎建設及建築上將城市屬於自己的現代化，希望藉此脫離原有蘇維埃的現代建築。由於這座文化中心旨在成為國家文化活動的主要建築，打破了在巴庫如此盛行的常見的剛性及巨大的蘇維埃建築，渴望表達亞塞拜然的文化和國家的樂觀未來。(Zaha Hadid Architects, 2012)

3-3-3-2 設計思考和形式特質

Heydar Aliyev Center 的設計在其周圍的廣場和建築物的內部之間建立了持續的，流動的關係。廣場作為地面，所有人都可以到達，上升到包圍公共室內空間，諸如起伏、分岔、褶皺和彎曲之類的精心設計將這個廣場表面修改成一個建築景觀，它執行許多功能：歡迎，擁抱和引導遊客穿過不同層次的內部。通過這種姿態，建築模糊了建築對象與城市景觀，建築圍牆和城市廣場之間的傳統差異。(Baan, 2012)

Hadid 將設計描述為通過景觀自然地形的折疊和中心裡的個個區域功能的包圍而形成一種流體的形式。博物館面向一個寬闊的地區，並擁有一個玻璃幕牆，強調建築的滲透性，「內部是自然地形的延伸」。圖書館面向北，控制自然光。斜坡和橋樑將圖書館連接到整個程序的其他元素。錐建築物的外部曲線表達其內部環境，自然光穿過沿著屋頂起伏的窄條帶。(Jodidio, 2015) Heydar Aliyev Center 的結構度量是通過在自由形式或由建築設計提供的 NURBS 曲面上進行繪製多邊形和四邊形網絡而獲得，並將其與所選空間框加拓樸結構相互連接。(Sanchez-Alvarez, 2009)

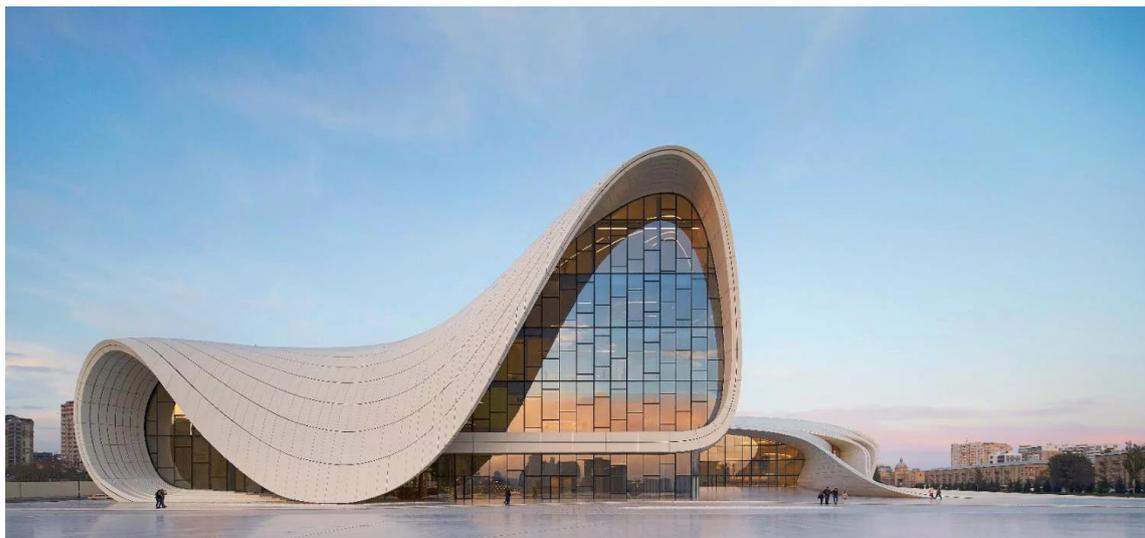


圖 8 - Heydar Aliyev Center (2012) 正立面圖
資料來源: Zaha Hadid Architects, 2012



圖 9 - Heydar Aliyev Center (2012) 立面圖
資料來源: Zaha Hadid Architects, 2012



圖 10 - Heydar Aliyev Center (2012) 立面圖
資料來源: Zaha Hadid Architects, 2012

3-3-4 案例三: Galaxy Soho

3-3-4-1 案例背景

Galaxy Soho 是一座位於中國北京東二環朝陽門橋西南方的大型綜合項目，包含辦公室、商場以及娛樂場所，占地 50,000 平方米，總面積為 328,240 平方米。該建築的頂部為酒吧、餐廳和咖啡館，可以沿著城市最大美景之一。這些不同的功能通過與城市永遠相關的內部相互關聯，有助於建立 Galaxy SOHO 作為北京的主要城市地標。(Baan, 2012)

3-3-4-2 設計思考與形式特質

Hadid 在 2014 年香港的鳳凰衛視錄影的訪談中提到這項建築和望京 soho 相似，像山脈一樣，幾乎是塔式建築，她認為有趣的是拓樸性可以處理比例的特殊方式。

Galaxy Soho 讓你融入在建築之中，在中庭地區可以看到下一棟建築的脈絡，往上看又是延續到另一空間，並不是只有一個視角。(哈迪德，2014)

該項目反映了傳統的中國建築，庭院創造了一個連續開放空間的內部世界。建築不再由剛性塊狀組成，而是組合在一起，建立一個互相連續和每個建築之間流體運動的世界，產生沉浸感和包圍感。隨著進一步深入到建築中，會發現了緊密相連的形式邏輯的緊密空間 此建築是五個連續流動的體積的組合、被分離、融合或由拉伸的橋連接。生成一個沒有角落或突然過渡的全景建築，從而打破了其傳統構圖的流動性。(Baan, 2012)



圖 11 - Galaxy SOSHO (2012)

資料來源: Zaha Hadid Architects, 2012

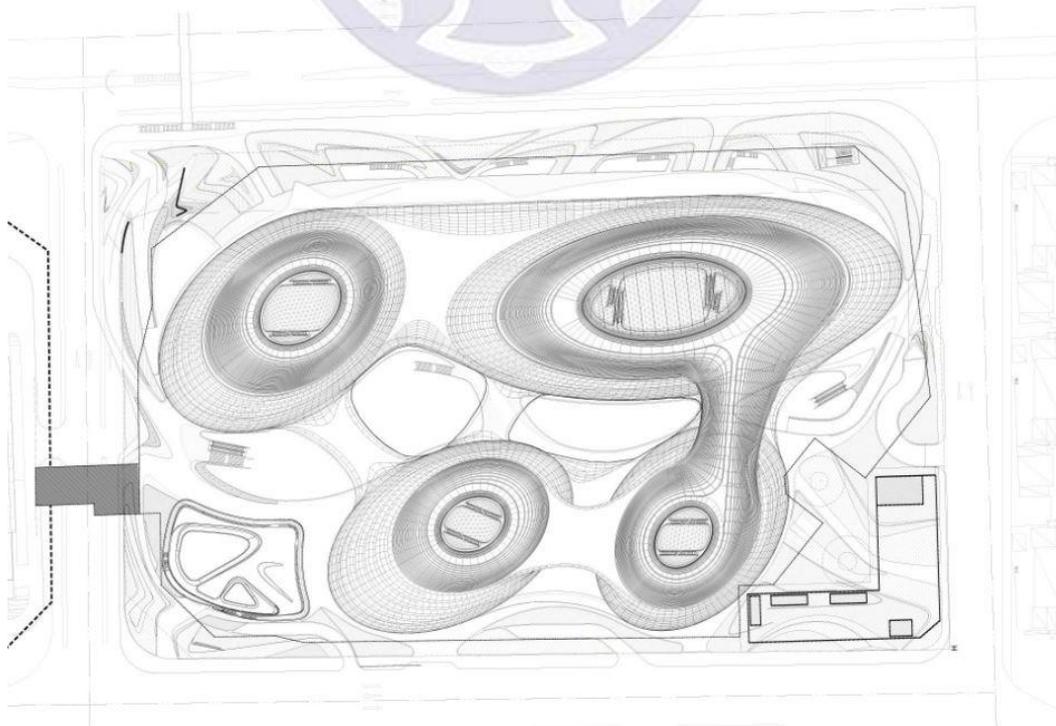


圖 12 - Galaxy SOHO 平面圖

資料來源: Zaha Hadid Architect, 2012.

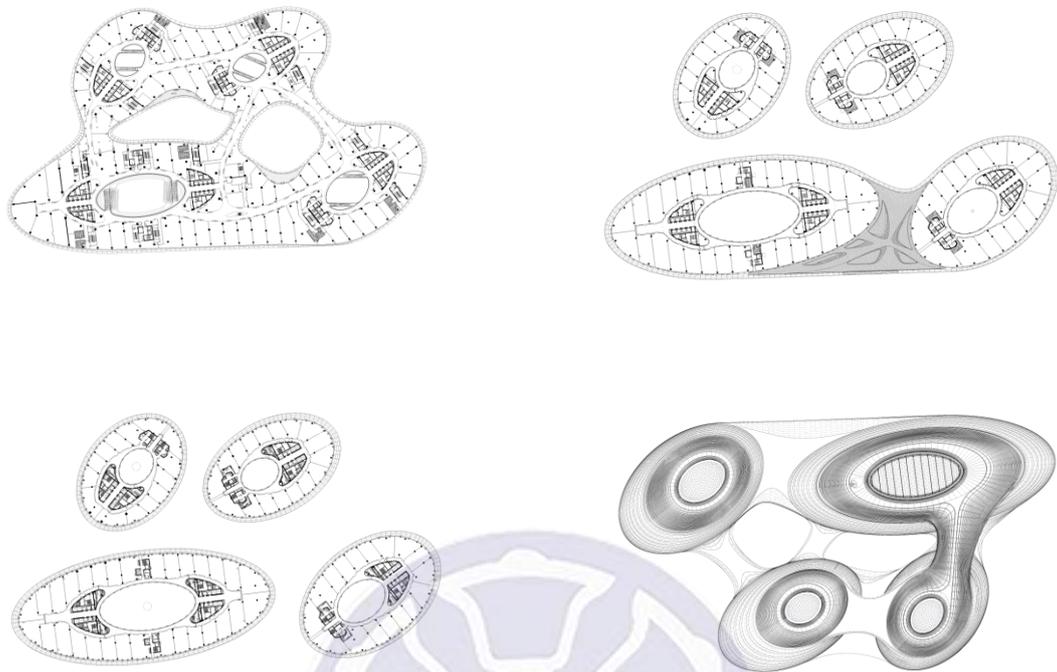


圖 13 – Galaxy SOHO 樓層平面圖
資料來源: Zaha Hadid Architect, 2012.

3-4 案例分析- Frank Gehry

3-4-1 Frank O. Gehry 背景

Frank Owen Gehry (法蘭克·歐恩·蓋瑞) 生於加拿大多倫多的一個猶太家庭，後來移民至美國加州，他曾在 1989 年獲得普立茲克建築獎，現今長駐於洛杉磯。他曾在南加州大學取得建築學士學位(1949-1951)，拿到學士學位後他即到 Victor Gruen Associates 工作，隨後同時在哈佛大學設計研究所研習都市計畫(1956-1957)。在 Frank Gehry 開始了自己的事務所之前，也曾舉家搬到法國巴黎為 Andre Remondet 工作；在歐洲的那段期間，他研究了 LeCorbusier, Balthusaw Neumann，然後也對法國的羅馬教堂(亦稱法國天主教堂)很是吸引。(Gehry, 1989) 雖然 Frank Ghery 一直在從事建築師的工作，也建造了不少建築，卻並不被大家所看到，但直到 1978 年他為自己在洛杉磯聖莫妮卡大道(Sana Monica Boulevard)上的住家改建開始對他的創新及大膽有所突破而開始備受矚目，此建案稱為 Gehry House。(Weston, 2015)



圖 14 - Gehry House (1978)

資料來源:Hoyt, 2012

Frank Gehry 認為「建築就是藝術」(“architecture is art”)。Frank Gehry 對於「魚」是很有興趣的，因為他認為魚的流動(movement)姿態是很美的，所以流動性(movement)形成了他在建築設計裡的建築語彙。(Interview with Rose 1997) Frank Gehry 在設計過程中習慣先以手繪草圖的方式將腦中的想法畫成立體的大概樣式，再透過草圖的設計製作出草模，帶實體模型確認主要想法後再以數位輸入至電腦，以電腦模型進行材料和結構的分析。

3-4-2 案例一: Nationale-Nederlanden Office Building

3-4-2-1 案例背景

Nationale-Nederlanden Office Building(荷蘭國際辦公大樓)位於布拉格的捷克，由 Frank Gehry 在 1992 年設計，此案例完成的時間是在 1995 年。這座建築坐落在 Vltava 河邊，此地區的建築曾在第二次世界大戰時遭受炸彈炸毀，殃及到了附近 Vaclav Havel 的新藝術時期住宅，而 Havel 為一位著名作家及 1989 年總統 Havel 的祖父所命名，當時總統希望再讓這街廓重生，所以此案例為戰後的重建計劃之一。(劉育東等人, 2001) 這計畫希望是一座兼具社會和文化功能的複合式建築，裡面包含咖啡屋、藝廊、書店、以及多用途商場；然而，這座建築遊荷商荷蘭國際保險公司在 1992 年取得，將此建築發展成商業區，但是部分原有的複合式功能還是保留，如空中吧台與餐廳、地面層的商場、以及地下層的咖啡廳。(Gehry, 1995) 荷蘭國際保

險公司聘請捷克的建築師 Vlado Milunic 協同國際知名建築師 Frank Gehry 來完成這項建築。

3-4-2-2 設計思考與形式特質

從最早的草圖中，他設想了一座建築物，在那個角落他會放置兩個塔樓，一個朝向正方形，另一個朝向碼頭。最初確定的形狀，塔從一個模型演變為下一個，扭曲和傾斜。(Gehry, 1995)並以兩個非常獨特的結構：玻璃中的一個「女性」和混凝土中的「傲慢」，玻璃的這棟中間以下的曲線想女生的裙襬，兩棟在一起如同一對正在跳舞的舞者，Gehry 稱它們為 Fred Astaire 和 Ginger Rogers，Fred and Ginger”。(Walsh, 1996) Gehry 尊重沿碼頭的相鄰建築物的高度，面臨著舊建築物之間的樓層差異問題 - 其中六層與他的項目有關，因為與此有關的原因需要七個。為了創造一個順利的，幾乎無法識別的過渡，蓋里略微向上和向下移動了一連串的操作，然後再增加了幾條波浪線的網絡，將現有的邊緣延伸到近距離的面上。內部空間根據 L 形走廊進行定期的散步，其中分配的辦公室和會議室（塔樓），全景餐廳和商店。(Gehry, 1995)

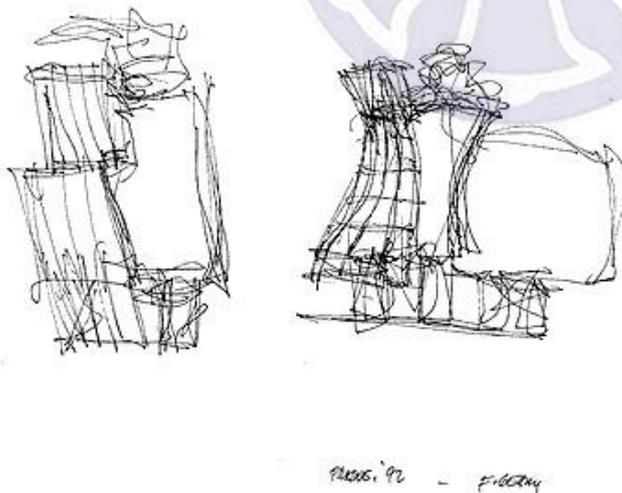


圖 15 - Nationale-Nederlanden Office Building (1995)

資料來源: Gehry, 2012 & Hoyt, 2012

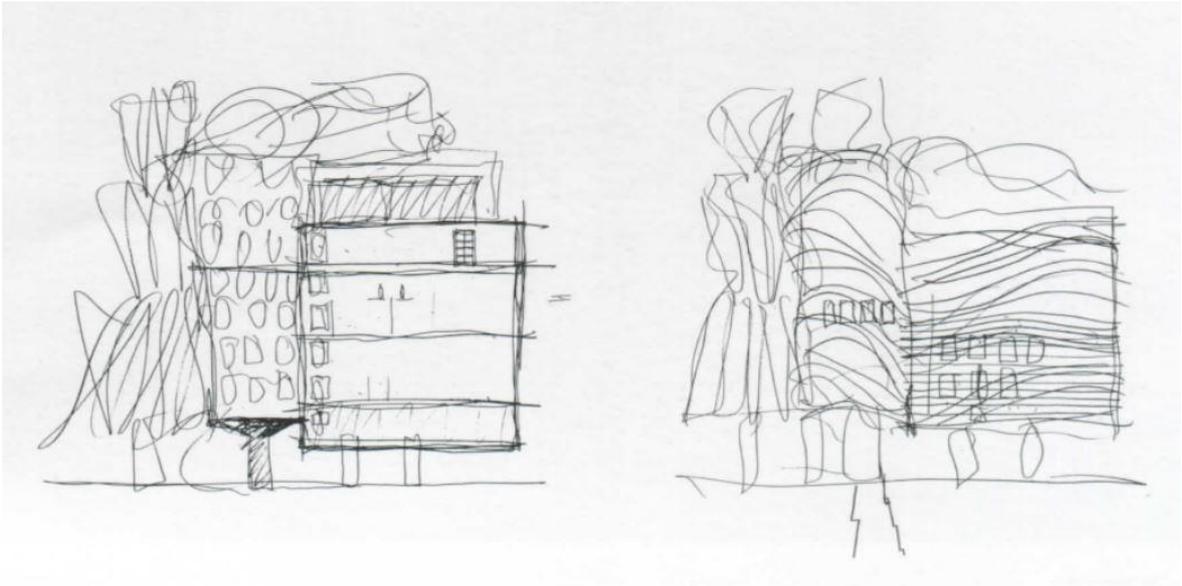


圖 16 - Nationale-Nederlanden Office Building 手繪稿

資料來源: Gehry, 1995



圖 17 - Fred & Ginger 模型過程

資料來源: Gehry, 1995



圖 18 - Nationale-Nederlanden Office Building 模型製作過程

資料來源: Gehry, 1995

3-4-3 案例二: Guggenheim Museum, Bilbao

3-4-3-1 案例背景

坐落於西班牙的畢爾包古根漢美術館由 Frank Gehry 設計，於 1997 年完工，這座建築在當時造成非常大的轟動，由於建築的型態及設計風格是少見，而且馬上成為地標性建築。前三年的營運就重工業在畢爾包是主要的經濟核心，但隨著歐洲後工業社會的興起，這座城市發現自己陷入了看似無法克服的危機之中；在 1992 年地方政府開啟了都市更新計畫，希望可以注入文化機構在這座受到工業區影響的環境，現代藝術古根漢美術館是整個計畫的重點之一，都市更新計畫也包括了河岸再造、機場、歌劇院、會議中心、行人徒步區。(劉育東等人，2001) Frank Gehry 的畢爾包古根漢博物館不僅改變了建築師和人們對博物館的看法，而且以驚人的成功推動了畢爾巴鄂的經濟發展上，為一個受歡迎的旅遊景點，吸引了來自世界各地的遊客。博物館的社會經濟影響是驚人的。在前三年的運營中，近 400 萬遊客訪問了博物館，創造了約 5 億美元的利潤。建設一座重要建築之後，城市轉型的現象現在被稱為「畢爾包效應」。(Pagnotta, 2013)

3.4.3.2 設計思考與形式特質

當 Frank Gehry 第一次到畢爾包的建築地點時，他的第一印象是破舊的河流，河岸旁是工廠及造船廠，唯一些許的綠地讓他覺得是愉快的。對於「魚」是很有興趣的，因為他認為魚的流動(movement)姿態是很美的，所以流動性(movement)形成了他在建築設計裡的建築語彙。Gehry 在古根漢美術館的外觀上像一艘船的形狀停泊在運河旁，許多流動的曲面結合成造型(Gehry, 1997)

雖然外觀的金屬形式從上方看似幾乎是花香，但從地面上看，建築像船的造型，喚起了畢爾包港口的過去工業生活。由鈦，石灰石和玻璃構成，外觀看似隨意的曲線設計用於太陽光線的反射。每個.38mm 鈦瓦中形成一個淺中心的凹陷，使得表面在變化的光線中看起來波紋，並給整體組合帶來非凡的虹彩的色澤'。Gehry 利用 CATIA(Computer-Aided Three Dimensional Interactive Application)，一種電腦輔助

繪圖軟體創造出曲面，原先是在航空工業裡零件跟組建的設計系統，這軟體可以允許在建築上當時的幾年前不可能實現的複雜設計和計算。(Pagnotta, 2013)

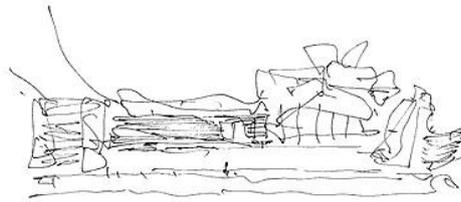


圖 19 - Bilbao Guggenheim Museum (1995)

資料來源: Gehry, 2012

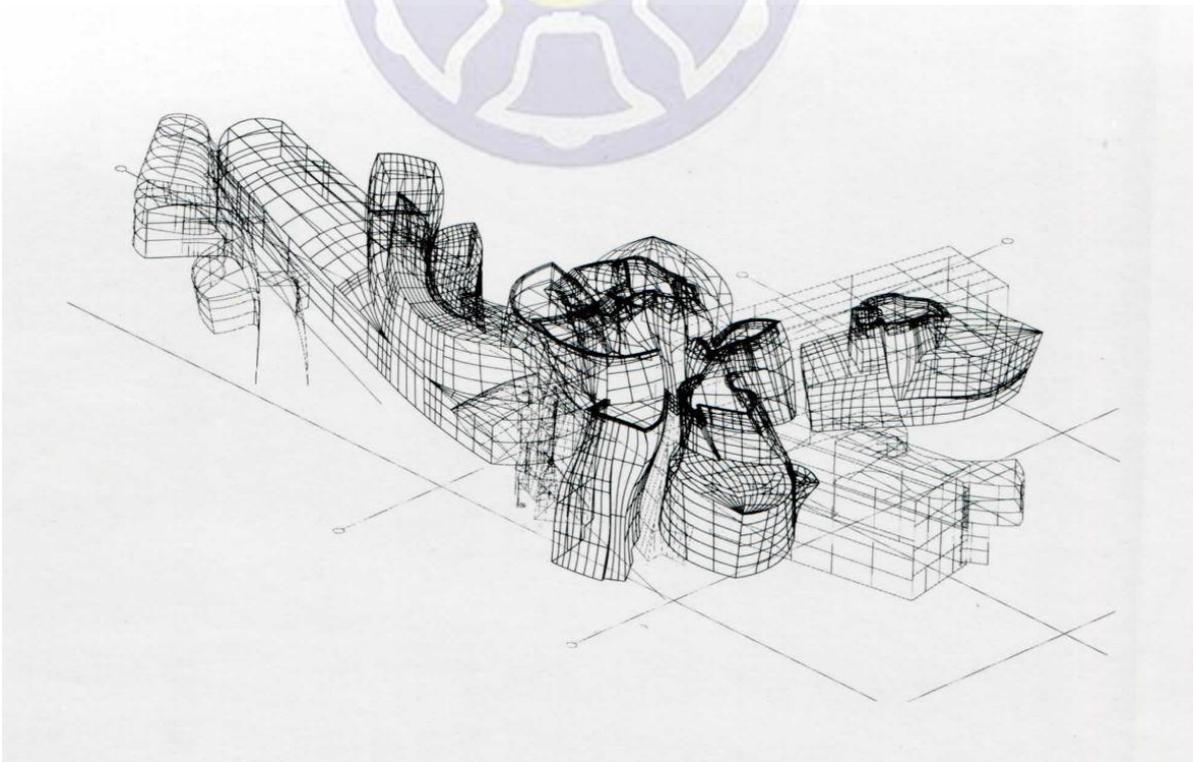


圖 20 - Bilbao Guggenheim Museum (1995)

資料來源: Gehry, 2012



圖 21- Bilbao Guggenheim Museum 模型
資料來源: Gehry, 2012

3-4-4 案例三: Lou Ruvo Center

3-4-4-1 案例背景

Lou Ruvo Center for Brain Health 是位於美國拉斯維加斯 Cleveland Clinic(克利夫蘭診所)的腦部研究中心，該中心是由 Keep Memory Alive 支持，計劃成為最新研究和科學信息的國家資源，用於治療阿茲海默症、帕金森氏症、亨廷頓舞蹈症和漸凍人症，以及重點關注預防，早期發現和相關教育。(Basulto, 2010)由世界知名建築師 Frank Gehry 設計，其獨特的設計和熱情的氣氛，向來到中心的患者、家屬和員工致敬。Lou Ruvo Center 是在 2007 年 2 月開始建構，於 2010 年 5 月開幕。(Cleveland Clinic, 2010)

3-4-4-2 設計思考與形式特質

Lou Ruvo Center 的設施是完成該組織兩個主要目標的理想場所-保存記憶與創造回憶。保存記憶的部分是通過行政辦公室和醫療研究和臨床操作，Keep Memory

Alive 及其醫療合作夥伴 Lou Ruvo Center 為保存記憶提供全方位服務。而創造回憶是在一個起伏不平的不銹鋼罩下，由 199 個窗戶的自然光照亮，我們的活動空間或生活活動中心可以出租 - 這是一個真正獨特的空間，可以舉辦婚禮、酒吧、商務會議和創作為你的朋友，家人和同事留下回憶。(Etherington, 2010)

鋼的曲率構成自支撐殼結構，這種非正統的設計與傳統的正交結構是顯著的對比，其中支撐結構保持在限定的角度。旋轉的外部和高聳的內部之間的對比反映了這種複雜性。該建築是為永續性而設計的，具有幫助的特點在沙漠氣候惡劣的環境中，室內空間透過感應器可以偵測到光線進來的量調節室內空調溫度。在整個建築物中，未被鋼或玻璃覆蓋的區域用 3 層 1 英吋厚的灰泥系統覆蓋。有向北的玻璃和鋁製的入口活動中心；由於溫度在拉斯維加斯的極限，他安裝墊片在鋁支撐系統裡允許其擴展。(Cleveland Clinic, 2010)



圖 22 - Lou Ruvo Center (2010)

資料來源: Cleveland Clinic, 2010 & Hoyt, 2012



圖 23 - 模型 Lou Ruvo Center (2010)

資料來源: Dispenza, 2012

3.5 小節

在 Zaha Hadid 的設計思考過程當中都是以地景性的方式作為她的概念發想，再以不同形式的呈現當地的自然景觀地形融入在她的建築裡，例如巴庫的 Heydar Aliyev Center 和北京 Galaxy Soho 都以山脈和梯田的方式，以拓樸性和參數式的數位媒材發展出流動的曲面與皺褶，而 Heydar Aliyev Center 更是透過縫隙間達到自然的採光達到永續性的目的。而紐約的住宅大樓 520 West 28th Street 也是延續周遭高架公園的紋理到建築外觀上，透過拓樸性拉出人字紋理成為戶與戶之間的隔牆保護住戶隱私；外觀不見有菱有角的造型而是流動曲線。

Frank Gehry 的古根漢美術館的作品可以說在數位建築的領域中是一個領頭羊，作品出現後為之轟動。CATIA 幫助他繪製和精準的計算往後設計的流程。Frank Gehry 不完全依照當地的地景性納入他的設計，例如跳舞的房子，但是他在設計思考過程中已就兩個塔樓的方式發展出 Fred & Ginger，如一對跳舞的舞者，透過女舞者的裙襬呈現曲面的造型。然而在古根漢美術館的部分是以當地的工業造船廠，船的造型為他的設計發想，發展出曲面的流線，曲面的部分皆是以拓樸和動態的性質延展而來。Lou Ruvo Center 的概念發想是來自腦部研究中心，保存記憶和創造回憶的地方。除了造型上也是以拓樸和動態的性質的曲面和不整齊的面，這個作品也呈現了永續及長久保存，除了在結構上他安裝墊片在鋁支撐系統裡允許其擴展，室內溫度空間調節透過感應器可以偵測到光線進來的量調整室內空調溫度。

研究結果發現兩位建築師大多以地景性開始了概念發想，以手繪加上模型製作的方式，再轉換到電腦的模型裡，透過數位媒材呈現了建築師的設計，產生了數位建築特質。以上的作品在動態及拓樸的特質最多，這也表示從數位媒材發展出來的動態和拓樸在數位建築裡是最明顯的特質。然而 Zaha Hadid 在 520 West 28th Street 和 Galaxy Soho 的作品裡使用參數以重複類似的造型，如樓層的切割進行變化。本研究分析的數位特質有地景、動態、拓樸以及參數式。

第四章、空間創作

在空間創作上透過研究結果的數位建築的設計思考以及形式特質做為辦公室空間設計的參考方向，運用在時尚產業的服裝貿易公司。設計思考透過手繪、模型製作、電腦輔助工具以及數位媒材相互搭配完成，而形式特質則會運用地景、動態、拓樸以及參數式完成創作。從過去源遠流長的建築歷史中，人們從依靠大量人力成本的投入且無電腦科技的輔助階段過渡到了現今可以透過大量 CAD 電腦輔助設計與各項 3D 建模軟體與參數化控制的數位構築模式，讓人們不再受限於圖紙上的想像而能有所突破，邁向一個嶄新的紀元。而在今日，數位構築的應用也越來越廣泛，從各項建築外觀立面的設計、到室內空間、再到尺度更小的家具產品等領域都能看到其蹤跡，因此本次論文的創作作品，希望能以前端針對數位構築作的相關研究得到的結果作為基準的脈絡，結合 3D 建模作為呈現的載體，將其應用在辦公的室內空間設計之中，同時也將其延伸應用到內部空間的各項辦公用品家具中，使整體空間設計中完全融入數位構築的架構而得以完成一前瞻性的概念設計。

4-1 概念發想與創作

4-1-1 基地分析

一位熱愛家庭，崇尚自然，充滿生命力、活潑可愛與台灣有 30 幾個年頭的關係，從事服裝生意的美國人老闆，委託其將擴大生意而設在台灣亞洲總部辦公室設計案。業主希望透過他對台灣的熱愛以及將台灣自然環境的元素運用於辦公室設計當中。辦公室位於台北市內湖區堤頂大道二段的商業大樓，總樓層為 10 層，本件位於 5 樓。辦公室的總面積未含大樓之公共空間的實際使用的空間為 52 坪。圖 24 可以看到辦公室空間的原始平面圖。在服裝貿易公司的空間需求分配上包含入口區、接待區、董事長辦公區、會議區、休憩區、辦公區以及服裝展示區。

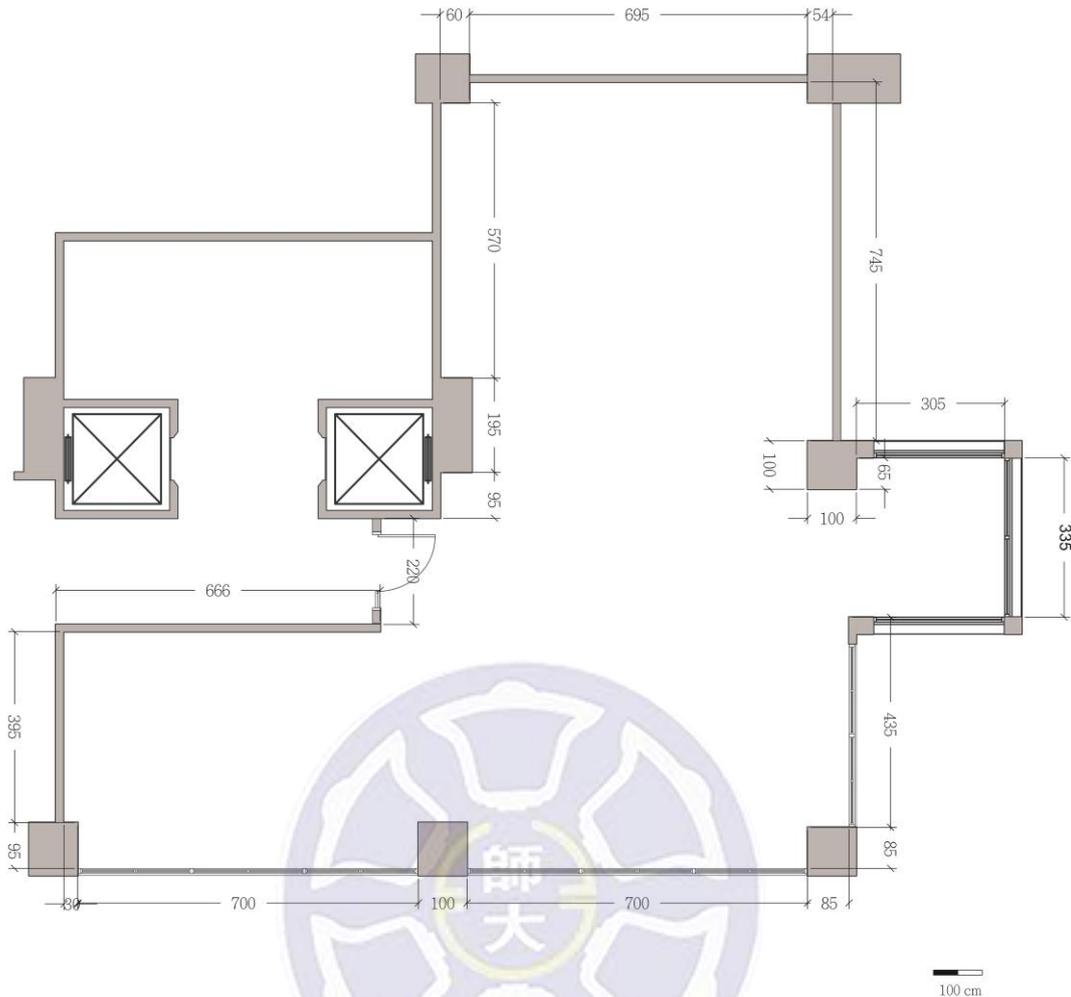


圖 24 - 原始平面圖

4-1-2 概念發想

在基地空間的配置上，選擇了一間服裝設計公司的總部作為作品—融合數位構築的辦公空間切入的起始點。在機能方面，一般傳統的商用辦公空間中，整體的格局配置都較為死板僵硬，各空間與空間中都缺乏聯結與流動性，因此在本作品之中，透過數位參數的介入與有機、靈活的線條打破空間之間的界線，讓各機能得以連結流動。

整個平面跳脫在台灣一般辦公室的規劃形式，以台灣面積雖小，但地形變化相當大的特色，以流動曲線呈現出台灣充滿平原、丘陵、盆地、台地、高山等多層次多變化的景觀地形，以達到活潑自然的目的，這些地形將作為設計發想的基本布局方向。空間像蝴蝶王國的台灣，處處是驚奇，處處充滿生命力。蝴蝶在蛻變後的

美麗和輕靈，是人類靈魂的形象寫照，以蝴蝶的生命意象，代表改變和蛻變作為以台灣蝴蝶王國為主題以及運用其地形的元素在此創作裡。平面空間以蝴蝶的形體暗示公司的經營項目—服裝貿易公司，所以藉此呈現出時尚流行的象徵；時尚服裝如同蝴蝶的外衣色彩繽紛、華麗炫目，牠們飛舞的姿態優雅，攜帶著生機和靈動，因此以蝴蝶作為創作的元素之一。再透過研究結果的流體、參數式、地景性以及拓樸性作為本次創作作品室內空間設計的運用。

4-1-3 創作

首先會從室內空間平面開始發展創作思考，辦公室空間面積 52 坪，以地景性如台灣的地形和河流衍生出流動型的空間分佈，由左側電梯口的公共區域開始就如同河流流向辦公室的大門，再流進大門後經過了高山、梯田、台地、盆地以及平原的地形，都分布在整個辦公室的空間，創作時先以手稿的方式，如圖 25。在空間分佈上定位公司在機能上空間的需求，作為一開始的空間分配。在服裝貿易公司的空間分配上包含入口區、接待區、董事長辦公區、會議區、休憩區、辦公區以及服裝展示區，圖 26 為平面配置圖。而在圖 27 顯示平面配置圖與空間透視圖做對應。



圖 25 – 平面配置手繪圖

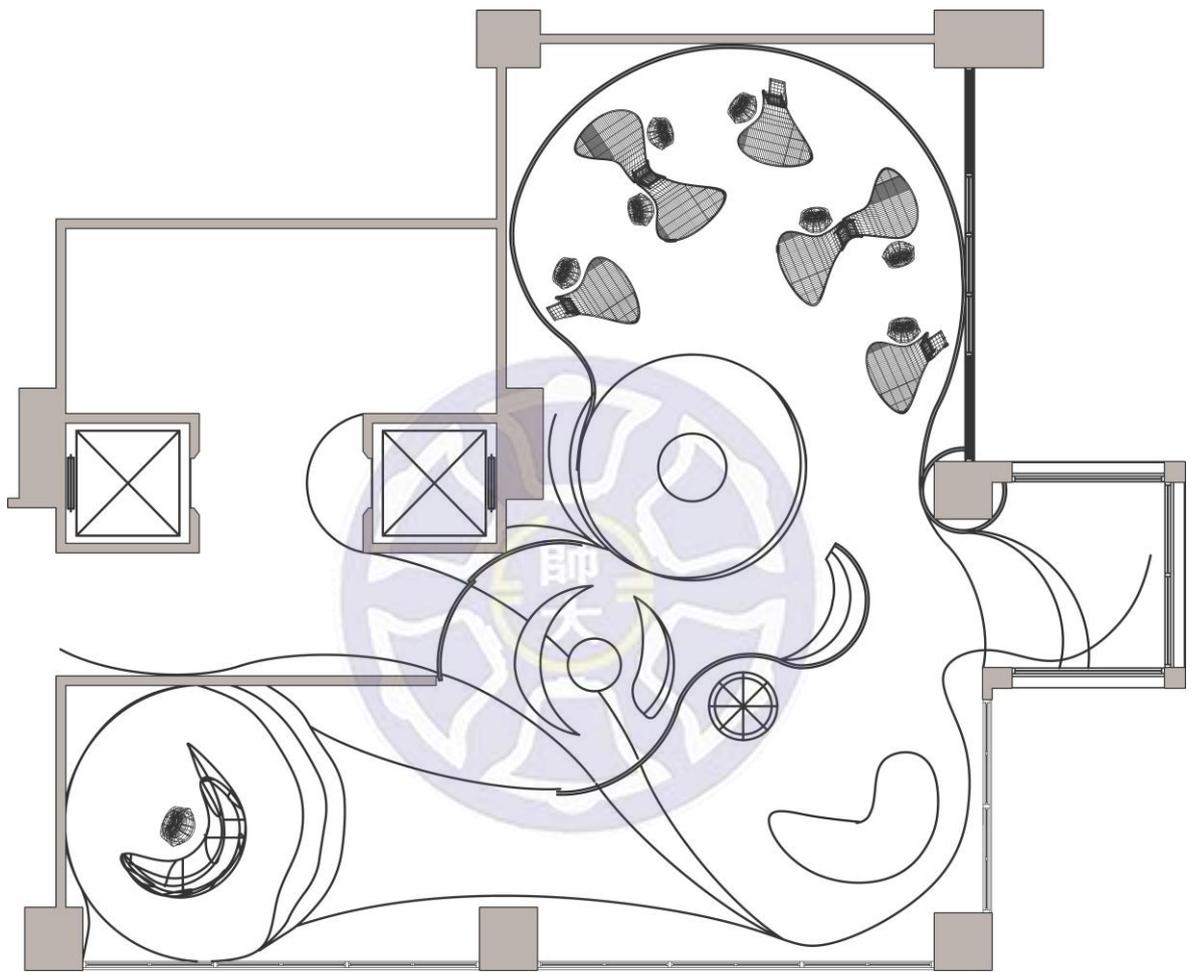


圖 26 - 平面配置圖

100 cm

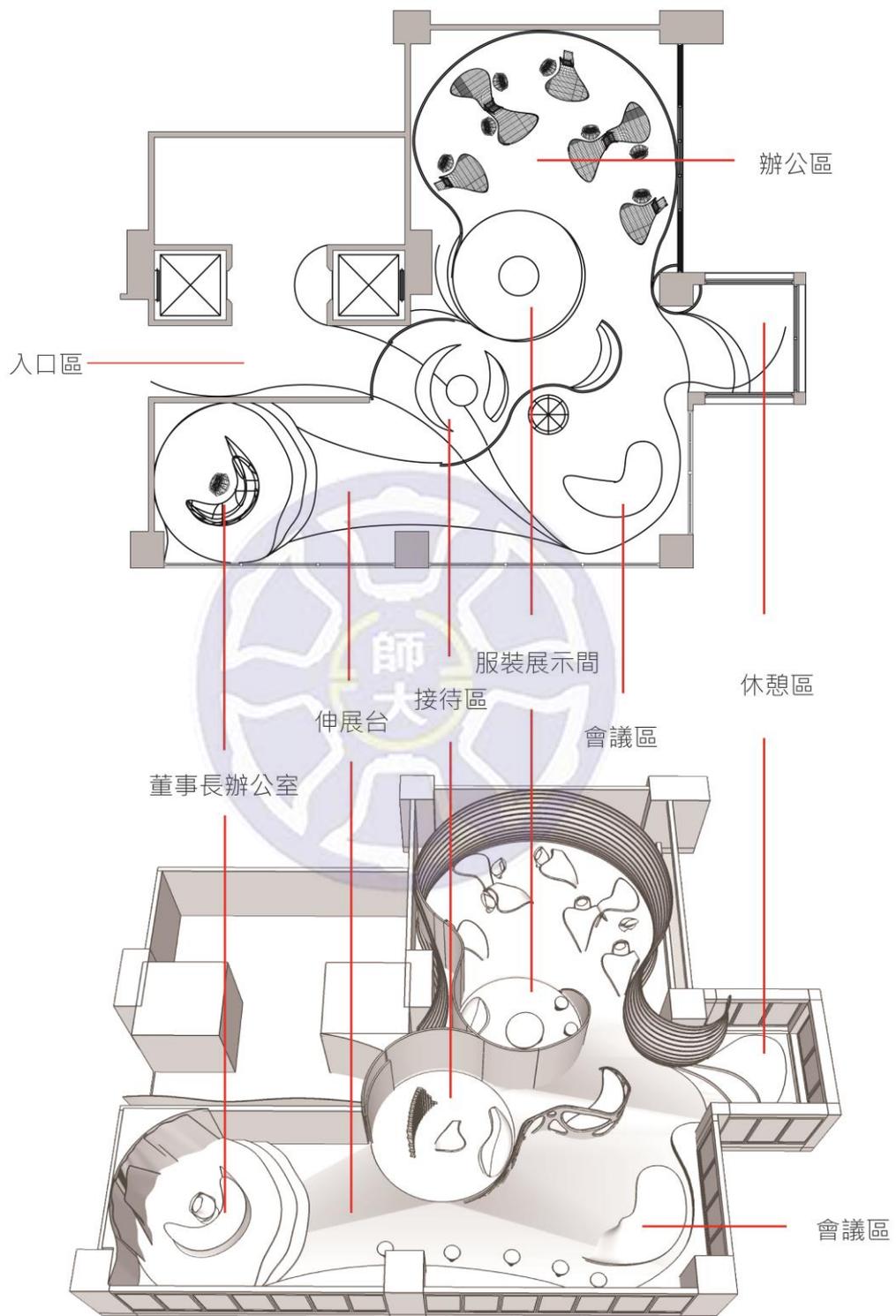


圖 27 - 平面配置圖與透視圖空間相對位置

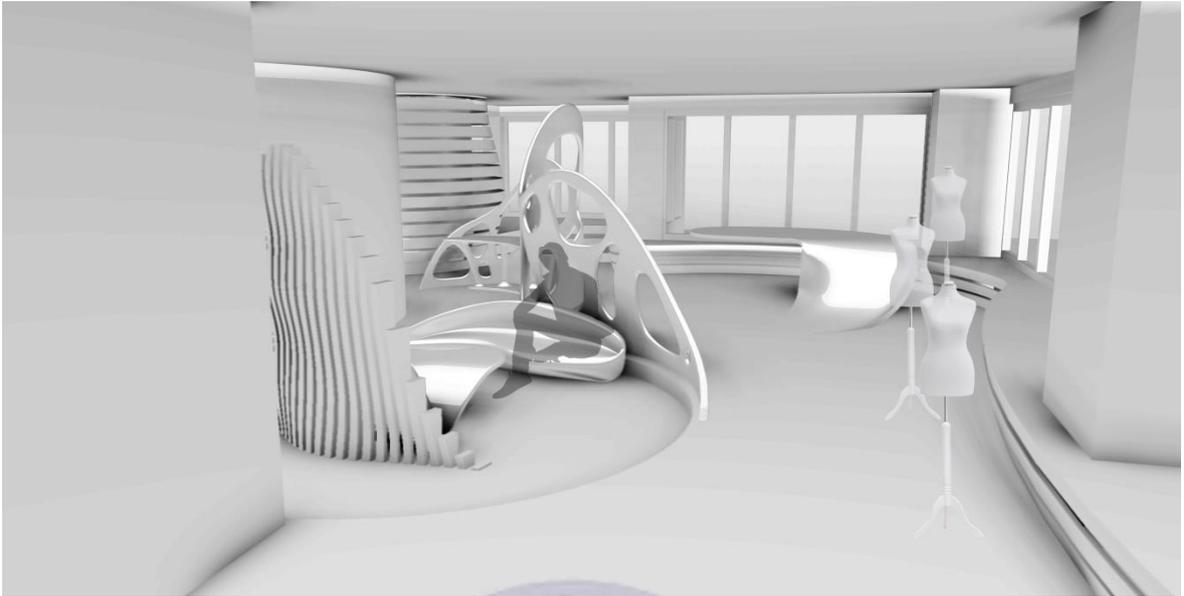


圖 28 - 空間 3D 模擬圖

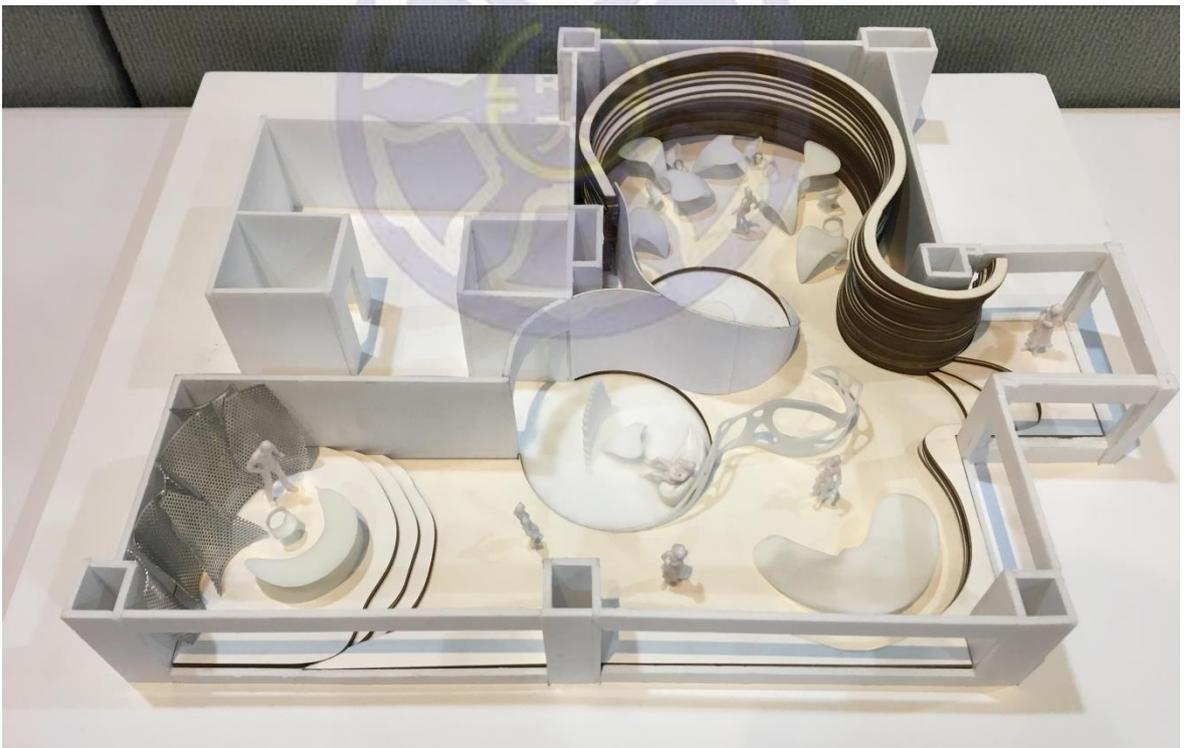


圖 29 - 空間實體模型

1. 拓樸性的運用: 入口區與董事長區

入口區的平面上看流動的曲線如同由山谷的河流，而側邊的立面就像峭壁一樣，立面也是先以手稿的方式畫出山的形狀還有用蠟片做模型可以顯示出凹凸的效果，再運用軟體 Rhino 以拓樸性的方式去變形，變形的過程中藉由 NURBS 去營造緩緩凹凸的效果，如同山型的凹凸，如圖 30。

董事長辦公室的平面來看像台灣的梯田，梯田在平面上利用繪製出流動曲線模仿自然裡梯田造型上的不規則，如圖 31。雖然董事長辦公區、伸展台和會議區以空間鄰接在單一空間裡，但是利用高低差地梯田造型製造單一空間裡的獨立空間。董事長的位子會在幾個階梯之上，然而在他的背景為山脈的造型，這意味著台灣風水上有靠山的感覺，可以讓董事長背後感覺穩重安心工作、也意味著穩固自己地位。山脈也是透過拓樸型去拉出山脈凹凸不規則的立面，這和入口區的牆面相同，背景的造型如圖 32。而董事長的辦公桌也是以拓樸性來造成變形，如圖 33；以封閉曲面形成桌子的量體，在透過曲面上控制點進變形。

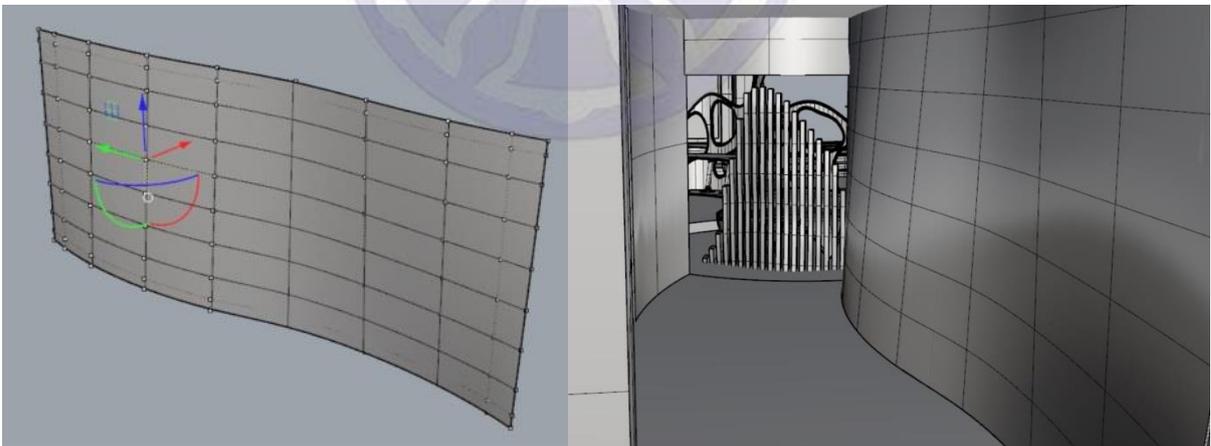


圖 30 - 入口區 3D 圖

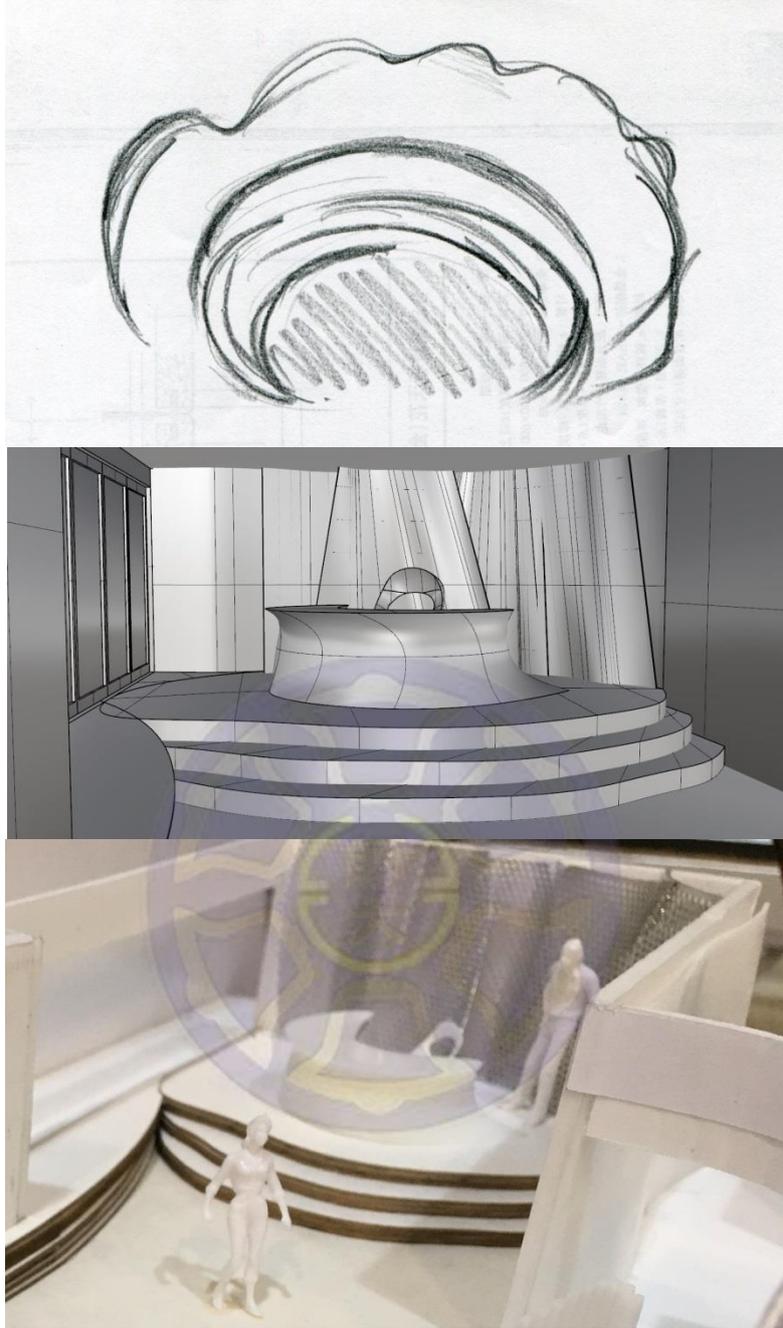


圖 31 - 梯田造型手繪圖、3D 圖以及模型

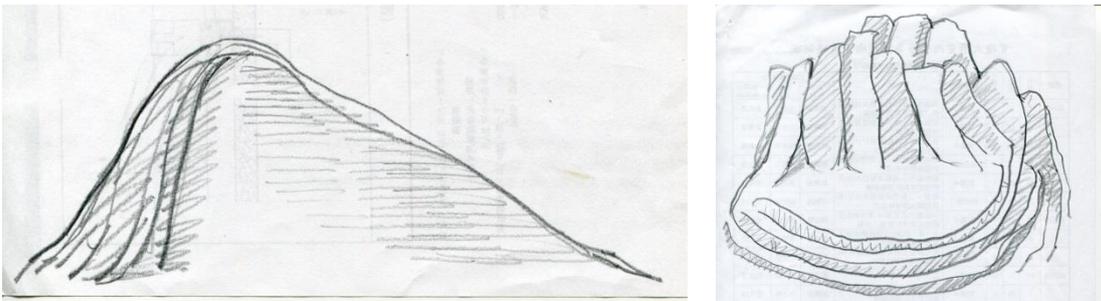


圖 32 - 董事長區背景山造型手繪圖

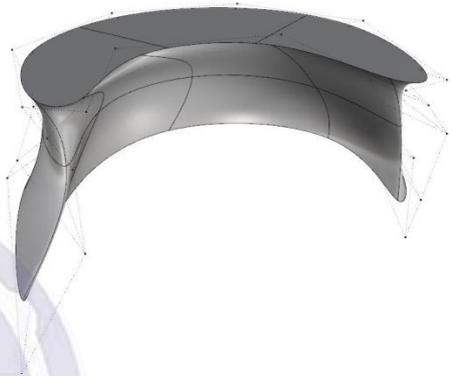
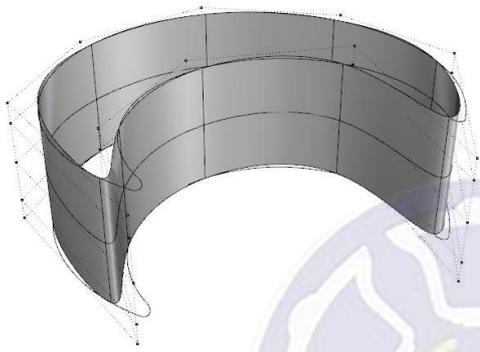
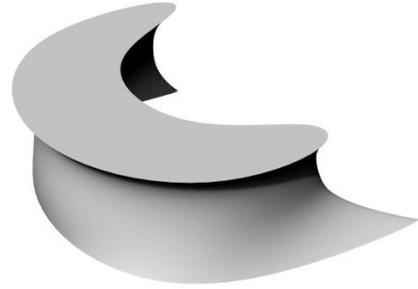
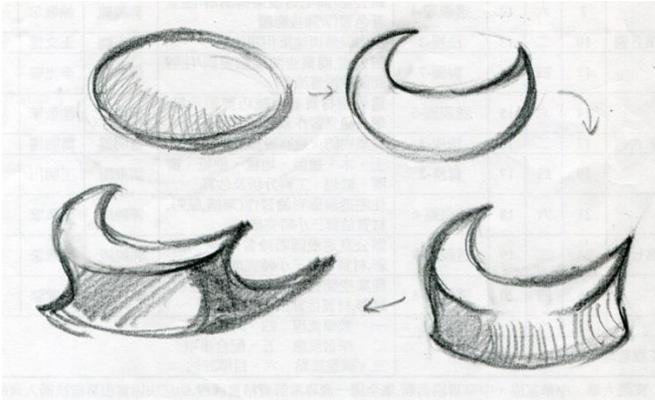


圖 33 - 董事長辦公桌手繪圖與 3D 模擬圖

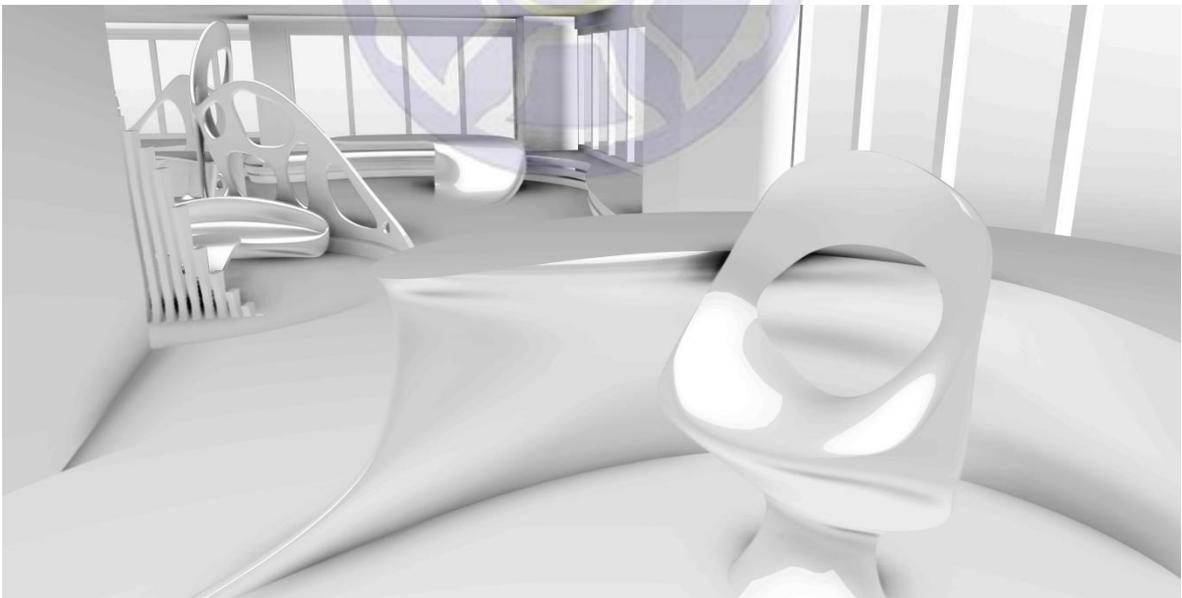


圖 34 - 董事長區 3D 模擬圖

2. 運用參數式、拓樸性及動態: 接待區

由入口進到公司時，會在玄關處看到像高聳的山的端景牆，端景牆也是從手稿方式繪製，再轉換到電腦裡製作模型。這個端景造型裡用許多一豎一豎有間隔的方式可以有穿透性的效果，讓狹小的玄關空間可以減緩壓力。而這一豎一豎的效果可以以參數式的方式製造出多種重複性的造型，配合 NURBS 以做出不同變化，調整出如凹凸效果，見圖 35，圖分別為手繪圖、3D 圖以及參數輸入的面擷取。在參數設計是利用外掛軟體 Grasshopper 在 Rhino 的繪圖軟體，將參數輸入於 Grasshopper；再透過 Rhino 裡 NURBS 的控制點為山屏變形製造凹凸效果達到對山脈造型的印象。然而沙發則是以石頭橢圓形作為一開始的發想，經過也是透過控制點形成拓樸的變形，發展出沙發椅被以及柔軟感覺的沙發座椅，見圖 36。

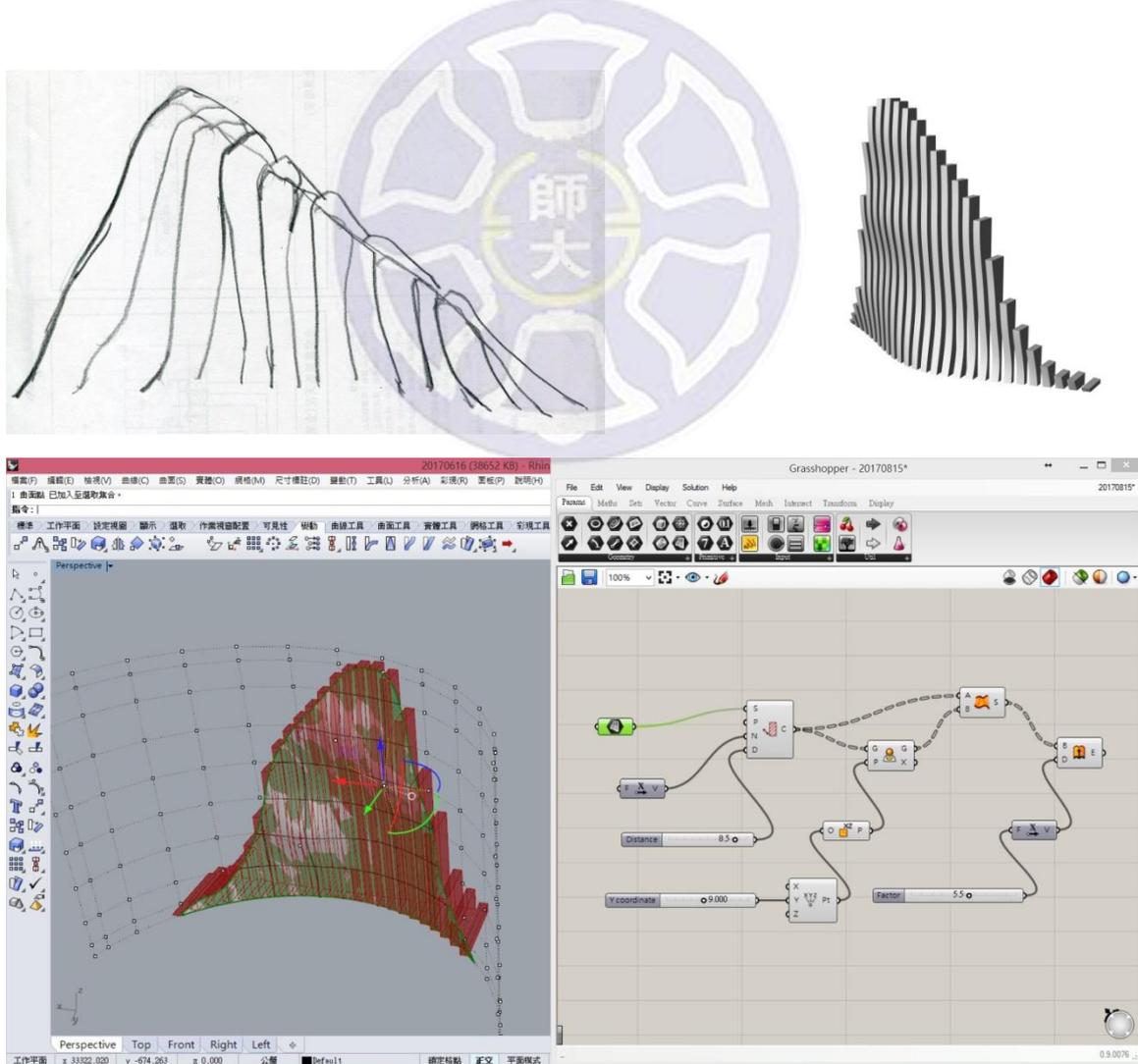


圖 35 – 端景牆手繪圖、3D 模擬圖和參數輸入

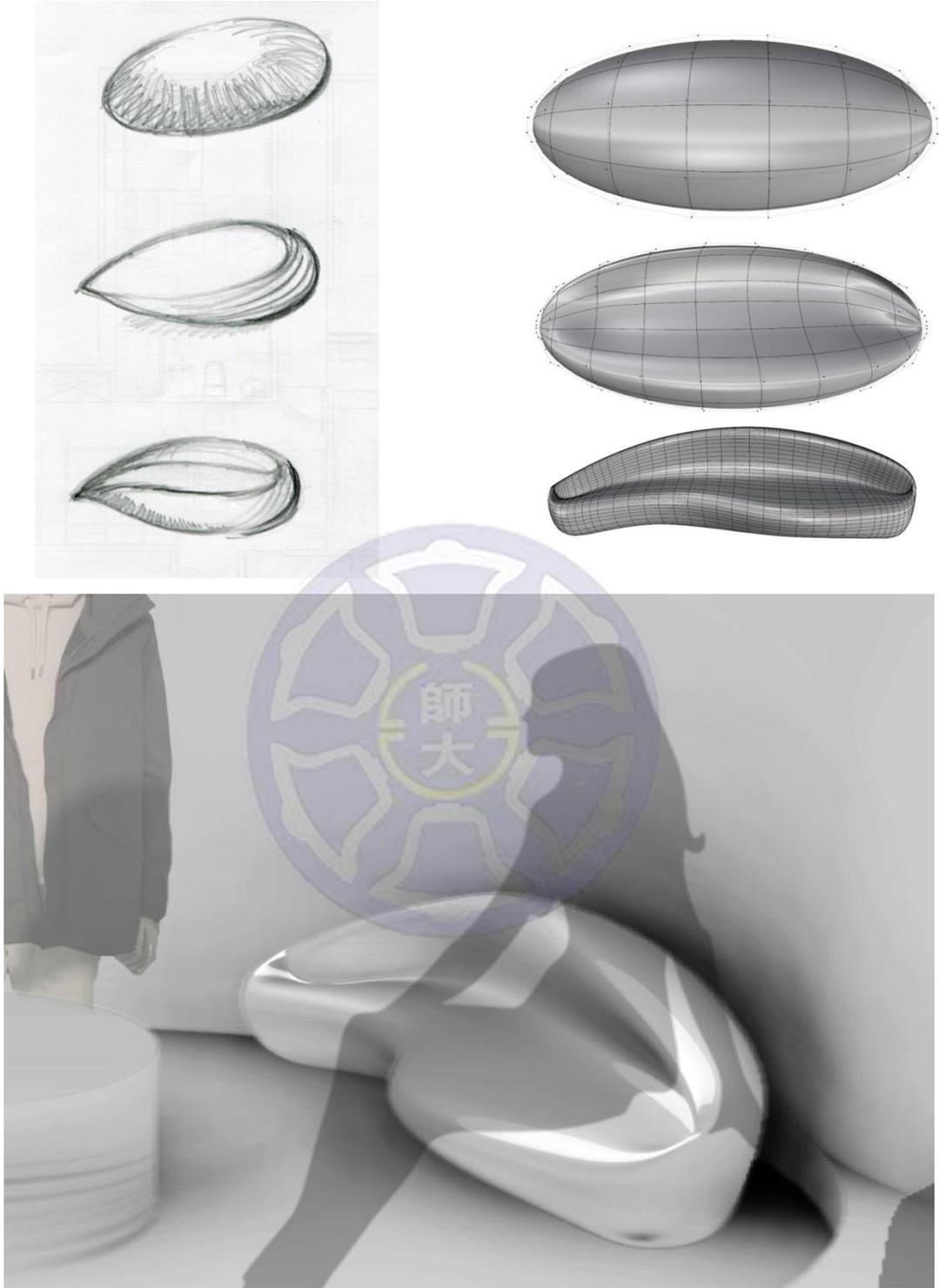


圖 36 - 沙發手繪圖與 3D 模擬圖

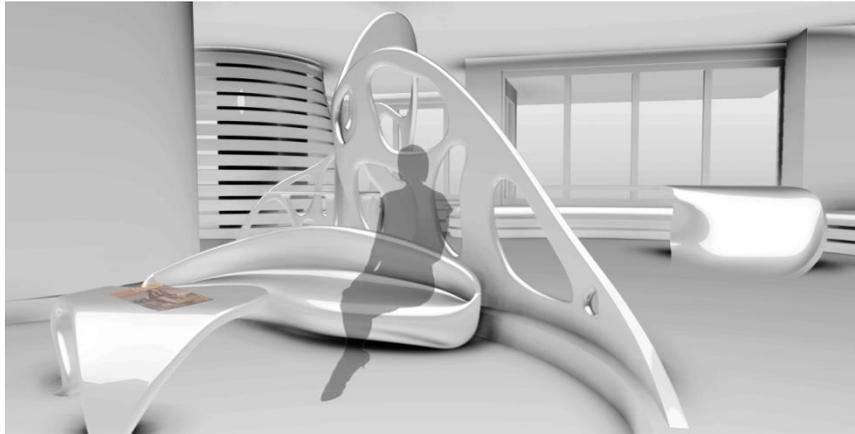


圖 37 – 接待區 3D 模擬圖



圖 38 – 接待區與會議區模型

3. 動態和拓樸的運用: 會議區

從董事長辦公區連接到會議區的過程中，在平面上來看如同河流曲線造型，這個區域可以是平常使用的走道，也可以是當伸展台用。窗邊的弧線造型在立面上會上升可以坐在上面成為秀場的觀眾區，見圖 39 和 40。當他們在進行服裝上的挑選時會要請模特兒進行走秀，他們可以更了解實際穿上的相貌協助挑選樣式。在接待區和會議區有一道以山的造型作為隔牆，隔牆穿透性很高，洞造型是以蝴蝶翅膀上的斑點造型，形成一個流體的曲面，見圖 41；因空間有限的情況下，除了達到空間區隔，也藉由隔牆的穿透性可以延伸視線，讓空間不感到壓迫。會

議桌是從台地的造型開始發想，利用拓樸的變形行程由地面長上來或延伸上來的桌面，讓大部分得桌面底下是可以通透的。在圖 42 可以看到手稿發展出的會議桌，而在電腦輔助繪圖上先以平面開始做發展，顯示 NURBS 控制點進行拓樸性拉伸的變形。

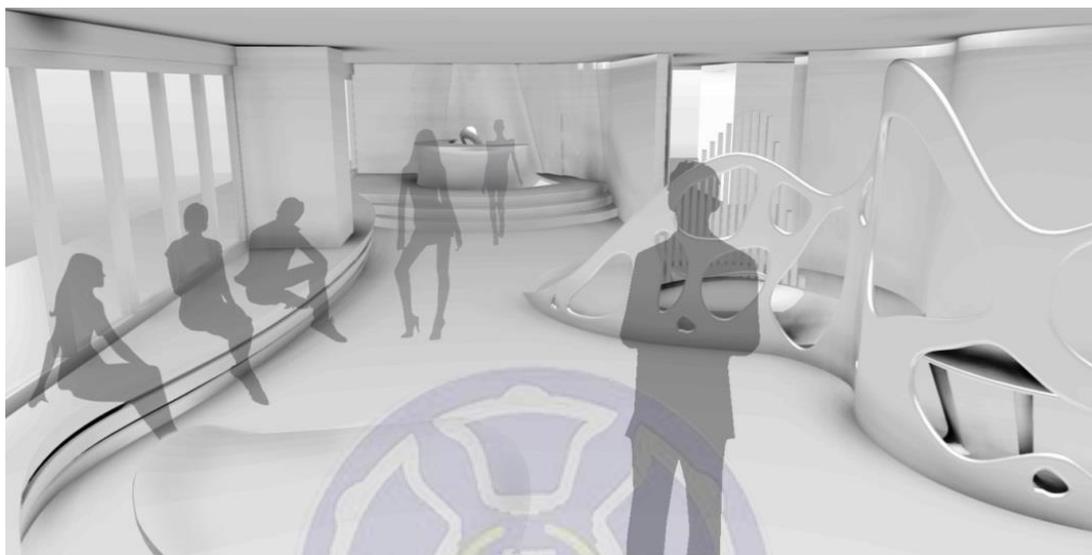


圖 39 - 董事長區與伸展台 3D 模擬



圖 40 - 董事長區、伸展台與會議區模型

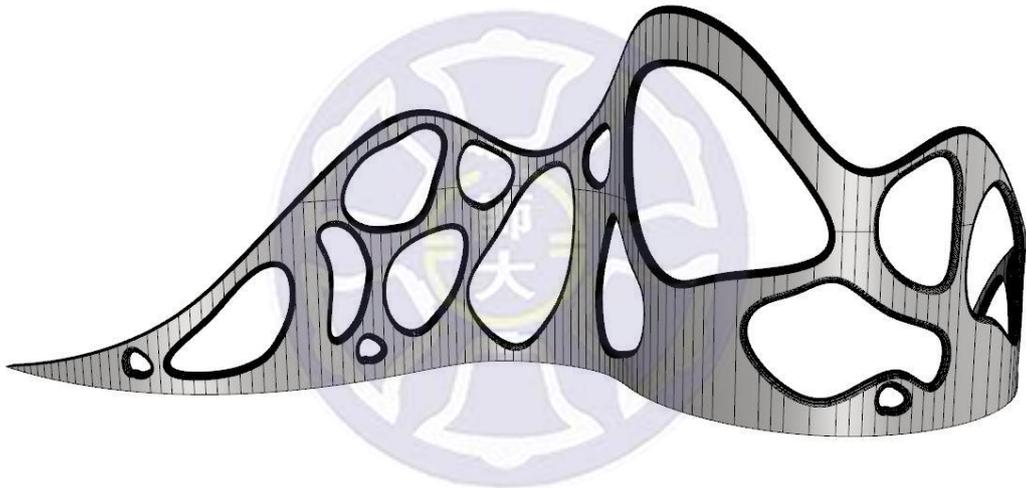
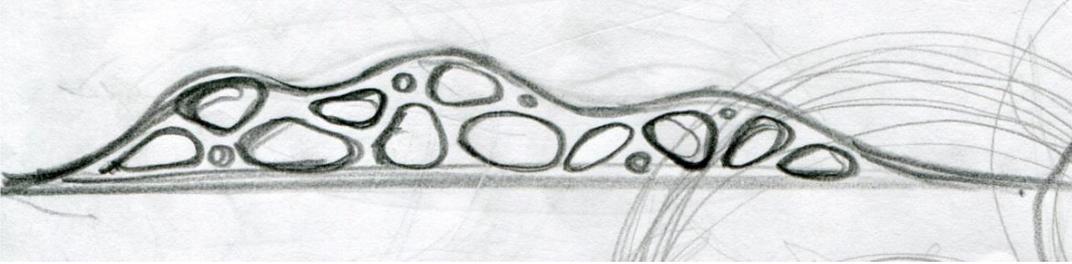
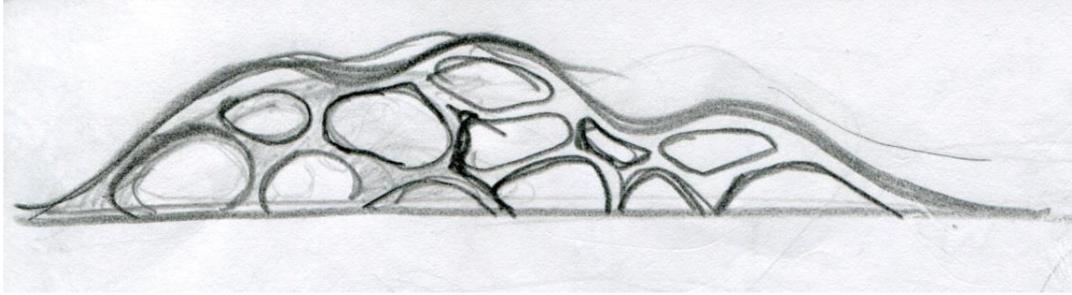


圖 41 - 矮牆手繪圖與模型

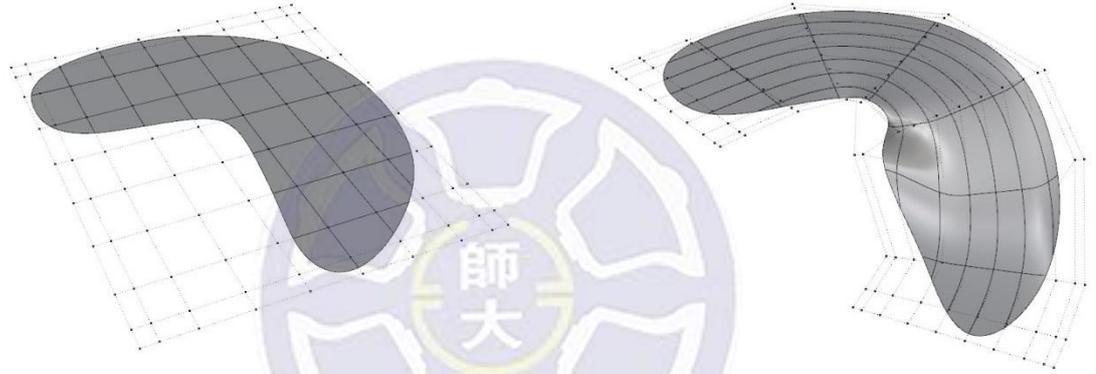
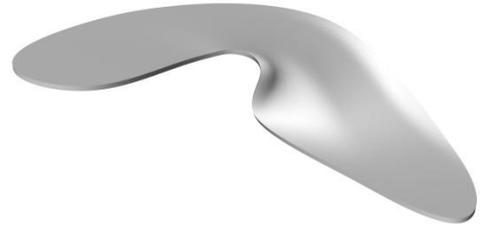
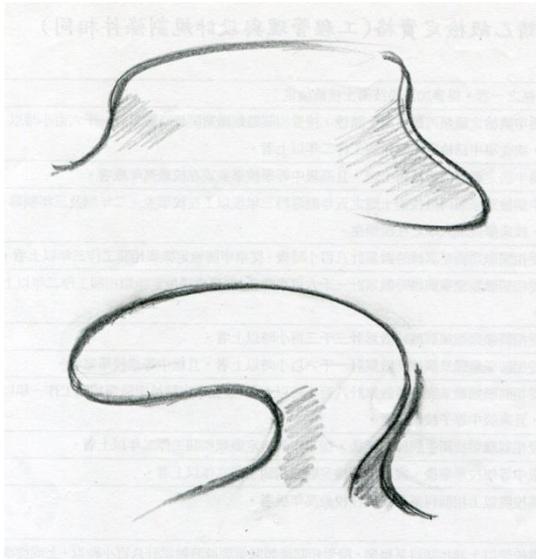


圖 42 - 會議桌手繪圖與 3D 模擬

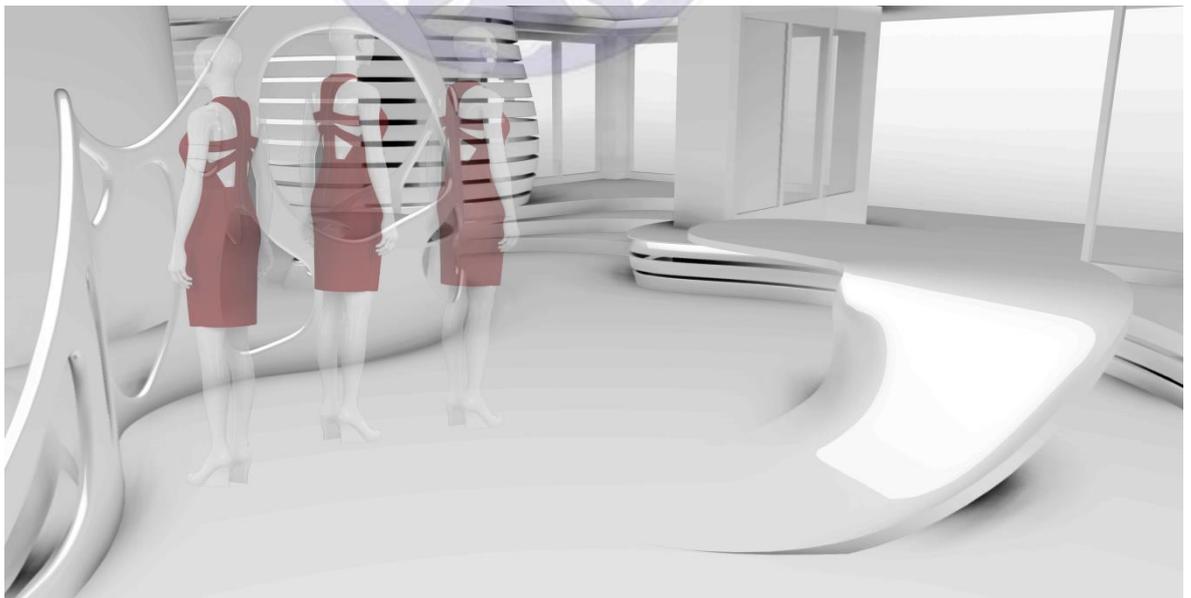


圖 43 - 3D 模擬會議區



圖 44 – 會議區與董事長區 3D 模擬圖

4. 流動和拓樸的運用: 休憩區與辦公區

休憩區的地面有往上三個階梯，是從伸展台窗戶旁的觀眾席連續性的方式延伸到休憩區，以階梯的方式可以在那休憩或是觀看窗外的景色。辦公區牆面繼續延續這休憩區的曲面，如同河流般的造型，圖 45。辦公桌分為兩種，一種是雙人的桌子，另一種為單人的桌子，都是從蝴蝶的造型發想來的。雙人桌子以蝴蝶的一對翅膀以 U 型的桌腳連結兩側的桌面，再以其中的一片翅膀的一角延伸到地面當桌腳，使這張桌子達到平衡的效果。蝴蝶造型的桌子也都是從手繪開始進行，如圖 46，再透過電腦輔助設計 Rhino 軟體程式裡的 NURBS 控制點形成拓樸性的拉伸進行變形，見圖 47。而單人座的辦公桌則是雙人桌其中一片翅膀的一角有延伸到地上的那一邊，然後再以一半的 U 型腳固定在地面，見圖 48，如同由地上延伸出來的感覺。辦公椅是以兩個橢圓形的實發展而來，一樣透過拓樸性的拉伸營造出座椅的造型，透過 NURBS 控制點形成期待的變形形體。

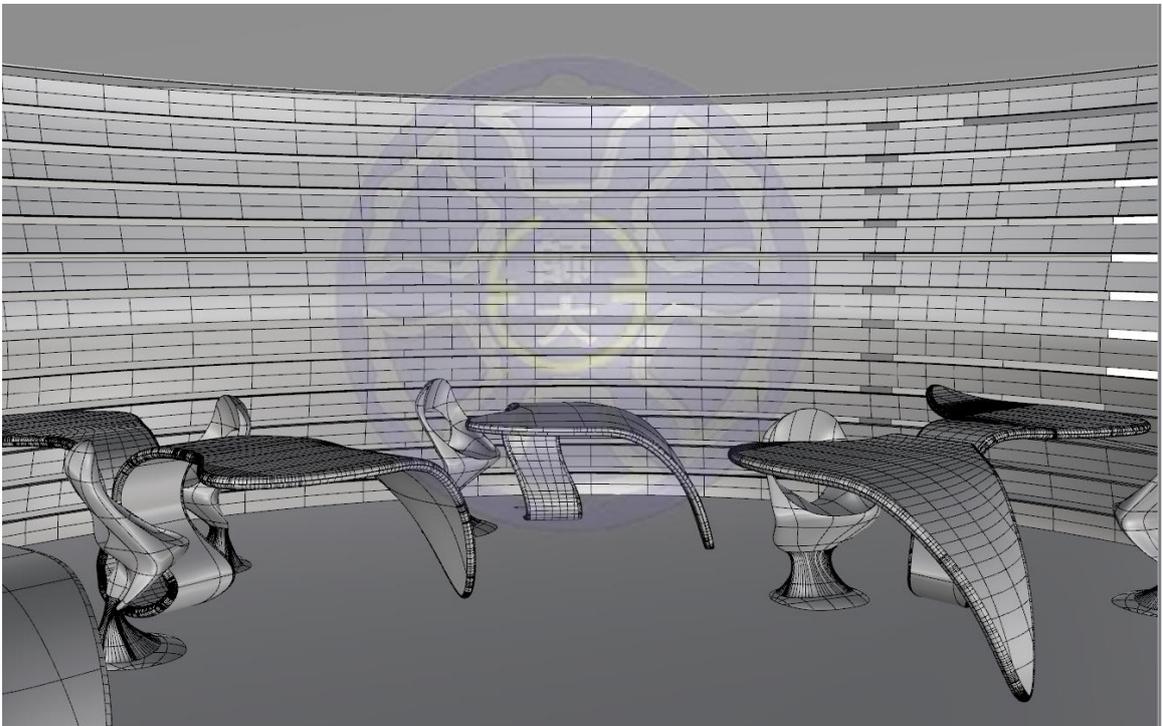
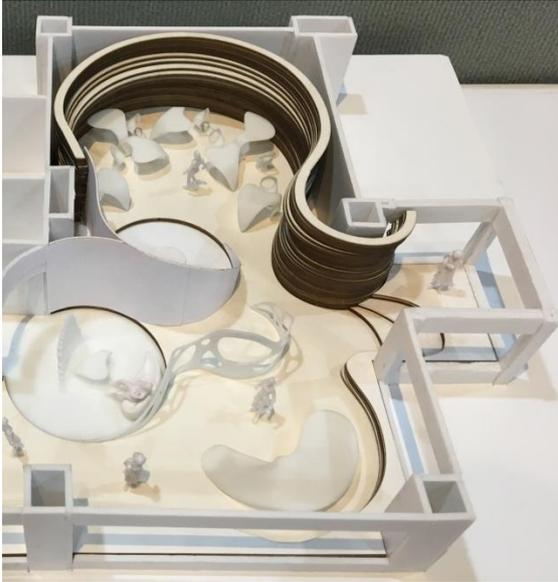


圖 45 - 辦公區造型牆手繪圖與模型

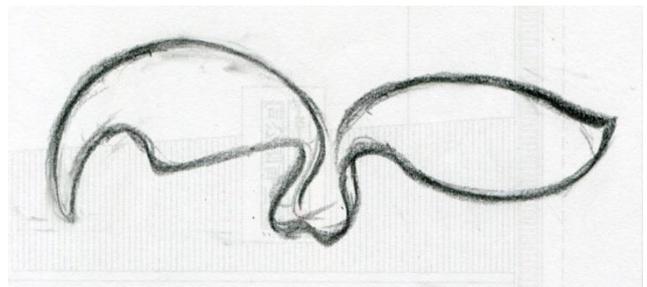
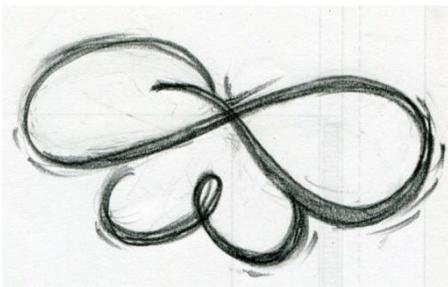


圖 46 - 蝴蝶造型雙人辦公桌手繪圖

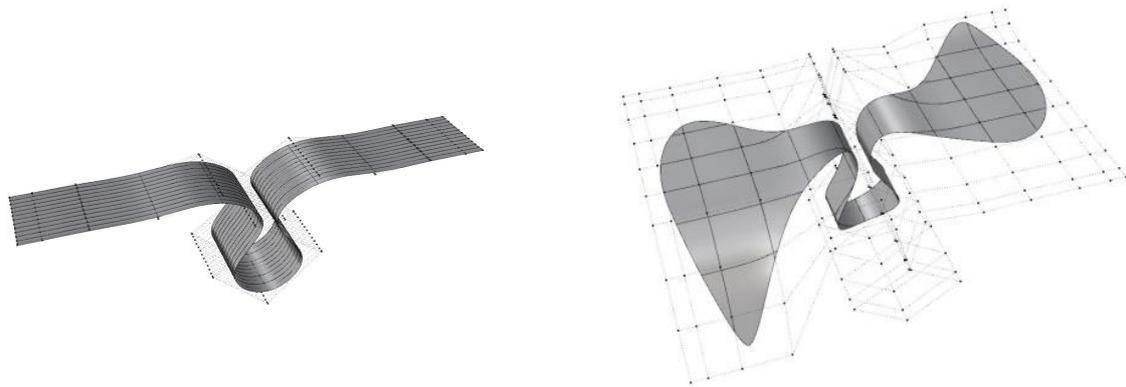


圖 47 - 蝴蝶造型雙人辦公桌 3D 圖

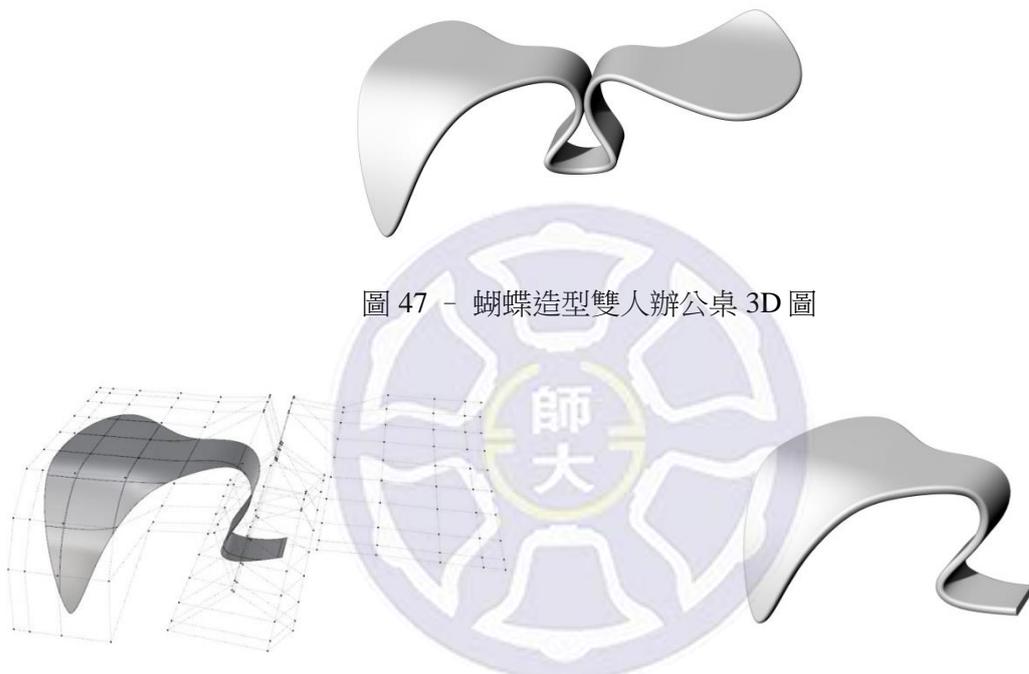


圖 48 - 蝴蝶造型單人辦公桌 3D 圖

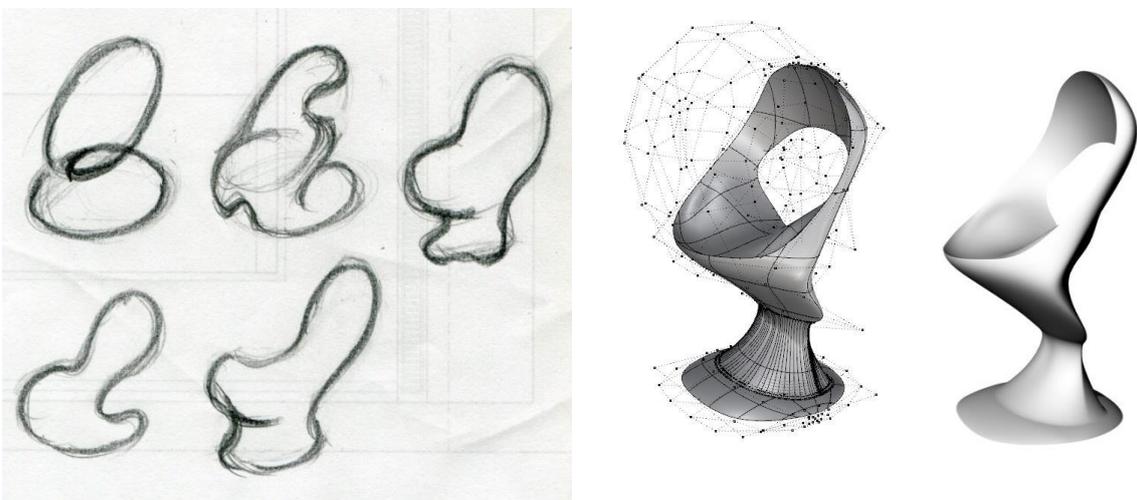


圖 49 - 單人辦公桌椅手繪圖與 3D 模擬圖



圖 50 - 辦公區 3D 模擬圖 1



圖 51 - 辦公室 3D 圖模擬圖 2



圖 52 – 辦公區模型

5. 服裝展示區

以平面來看服裝展示區是以蝴蝶的繽紛翅膀作為發想，圓弧的空間裡面都掛滿了許多服裝，方便員工們展示他們的服裝。

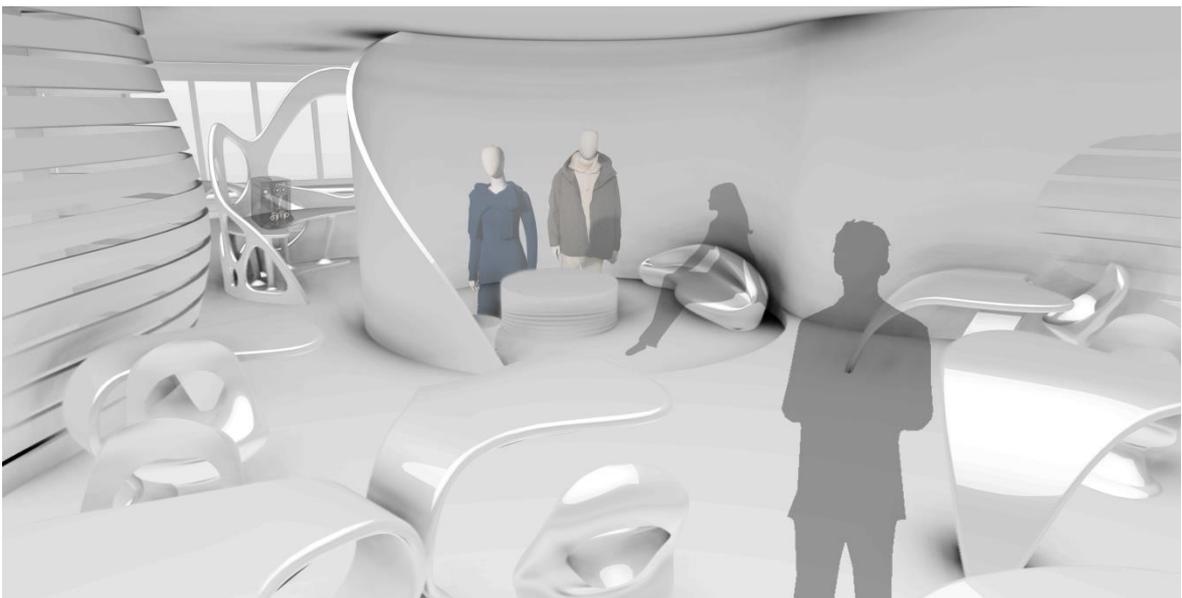


圖 53 – 服裝展示間

4-2 小節

透過個案研究數位建築作品，蒐集資料進行研究分析，在研究的結果裡整理出四個數位建築特質有動態、拓樸、地景以及參數式；也同時了解建築師的設計思考過程，他們結合了手繪、模型製作以及 3D 模擬圖來完成設計階段的創作。本創作透過台灣地景如平原、梯田、盆地、台地和高山，以及蝴蝶王國的主題作為此服裝貿易公司辦公室的室內空間的概念發想。蝴蝶的外衣色彩繽紛正是這間服裝貿易公司空間設計主要元素，然而不管是在空間分配上以及辦公家具的搭配上透過台灣環境的地景讓個機能都得以連結流動，利用動態、拓樸、地景以及參數式的數位建築特質在造型的設計上，作為創作的依據。



第五章、結論與建議

本研究的目的，在於對數位建築的深入了解，針對數位媒材運用在建築的設計思考過程以及產生的形式特質作分析，並且透過辦公室空間的創作，期望可以將數位建築的概念轉化到室內空間操作，給未來希望運用數位建築概念的室內空間設計一個參考方向。最後會透過研究出來的結論對於數位概念運用在室內空間設計操作給予建議。

5.1 結論

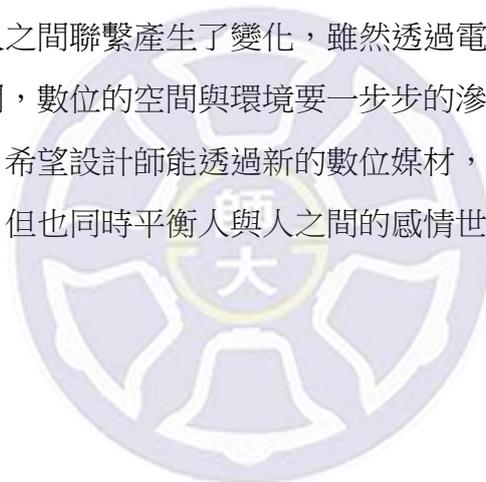
數位媒材的出現在創作的設計思考當中有了一個新的運用選擇，透過數位媒材，可以讓設計者將抽象的概念轉化成實體，整個創作的過程中媒材扮演重要的角色，當然媒材的限制也是部分可以影響創作者的設計思考的。本研究透過文獻蒐集了解數位建築的設計思考過程以及分類出數位媒材造成的形式特質，透過個案研究法和次級資料分析法分析普立茲克獎得主 Frank Gehry 和 Zaha Hadid 的作品。研究結果發現兩位建築師大多以地景性開始了概念發想，以手繪加上模型製作的方式，再轉換到電腦的模型裡，透過數位媒材呈現了建築師完整的設計，產生了數位建築特質。本研究整理出兩位建築師作品呈現出的形式特質有動態、拓樸、地景、參數式以及永續性。在作品研究後也發現到兩位建築師在動態及拓樸的特質運用的最多，這也表示從數位媒材發展出來的動態和拓樸在數位建築裡是最明顯的特質。

所以在設計創作方面以前端針對數位建築作的相關研究得到的結果作為基準的脈絡，將其概念運用到辦公室空間的操作。本創作是以開放式的流動空間做為辦公室的風格，希望在開放空間裡員工之間可以更自由的交流，達到互相分享理念及最新的時尚資訊，進而在挑選新一季的服飾的風格，不會收到想法的約束與限制，貿易的產品更可以走在時代的前端。創作以地景性作為概念發想，再經由手繪平面及立面表達概念，運用數位媒材呈現整個辦公室的 3D 空間狀態，作為載體模擬以利完成整個空間的設計，同時也將其延伸應用到內部空間的各項辦公用品家具中，使整體空間設計中完全融入數位構築的架構而得以完成一前瞻性的概念設計。透過

本研究針對以上兩位建築師的數位媒材運用在建築的設計思考過程以及產生的形式特質作分析後，再藉由辦公室空間的創作，希望給未來運用數位建築概念的室內空間設計一個參考方向。

5.2 建議

科技革命有包含數位媒材以及人工智慧都是人類希望藉此可以有更好的生活，本研究對於人工智慧方面、大數據和永續發展的結合尚未做深入的討論；但是這些都是未來非常重要的發展。希望除了在硬體上及視覺上可以感受到數位媒材帶來的影響，除了在軟體、設備與工具的功能變得更強大，但在這個數位化的時代裡，電腦的先進雖然給我們受到很多的便利性與快速性，但是這並不能這麼單純得來看，數位化的產生，人與人之間聯繫產生了變化，雖然透過電腦可以研發出人意想不到的虛擬世界與想像空間，數位的空間與環境要一步步的滲透到人的生活，改變人們之間的生活與感情，希望設計師能透過新的數位媒材，創新設計概念，在創造的過程中有許多的創舉，但也同時平衡人與人之間的感情世界。



參考文獻

- 札哈·哈迪德 (103 年 4 月 20 日)。傅曉田[錄影]。風雲對話-專訪建築設計師札哈·哈迪德，香港鳳凰衛視。
- 邵唯晏 (2016)。當代建築的逆襲。臺北市:城邦。
- 吳煥加 (1998)。20 世紀西方建築史(上)。臺北市:田園城市。
- 吳煥加 (1998)。20 世紀西方建築史(下)。臺北市:田園城市。
- 吳煥加 (1998)。論現代西方建築。臺北市:田園城市。
- 孫全文(譯)(1994)。近代建築史。(原作者: Joedicke, J.)。臺北市:臺隆。(原著出版年: 1959)
- 陳雅文(主編)(1995)。圖書館學與資訊科學大辭典。取自:
<http://terms.naer.edu.tw/detail/1681584/>
- 梁凱翔(2008)。重新定義數位媒材下之建築元素(碩士論文)。取自台灣博碩士論文知識加值系統。
- 劉先覺 (1999)。現代建築理論。北京: 中國建築。
- 劉育東、彼得艾森曼、林政緣、王昭仁、成淑娟、李潔奇、吳銘輝。(2001)。數位建築的浮現。臺北市: 胡氏圖書。

參考文獻

- Baan, I. (2012). Galaxy Soho. / Zaha Hadid. *Archdaily*. Retrieved from <http://www.archdaily.com>
- Baan, I. (2012). Heydar Aliyev Center / Zaha Hadid. *Archdaily*. Retrieved from <http://www.archdaily.com>
- Basulto, D. (2010). Cleveland Clinic Lou Ruvo Center for brain health/Frank Gehry. *Archdaily*. Retrieved from <http://www.archdaily.com>
- Benjamin, W. (1969). Paris: Capital of the Nineteenth Century. *Perspecta*, 12, 163-172.
- Ching, F.K. (1985)。建築:造型、空間與秩序。台北: 茂榮。(原著初版出版於 1979 年)
- Cleveland Clinic. (2010, May). *The Building- Lou Ruvo Center for Brain Health*. The Facts. Lou Ruvo Center for Brain Health, Cleveland Clinic, Las Vegas, CA.
- Dispenza, K. (2011). Cleveland Clinic Lou Ruvo Center for brain health by Frank Gehry. Buildipedia. Retrieved from <http://buildipedia.com>
- Etherington, R. (2010, June). Lou Ruvo Center for Brain Health by Frank Gehry. *Dezeen*. Retrieved from <https://www.dezeen.com/2010/06/17/lou-ruvo-center-for-brain-health-by-frank-gehry/>
- Fazio, M., Moffett, M., & Wodehouse, L. (2003). *A world history of architecture*. London, UK: Laurence King.
- Frampton, K. (1981) *Modern architecture: a critical history*. Oxford, England: Oxford University.
- French, H. (1998). *Architecture*. East Sussex, England.
- Friedman, R. (2014). *The best place to work-the art and science of creating an extraordinary workplace*. New York, NY: Penguin.
- Funes, P.A. (2011). Barcelona Catechism. *Journal of the Institute for Sacred Architecture*, 19, 30-34.
- Gehry, F.O. (1989) The Pritzker Architecture Prize. The Hyatt Foundation. Retrieved from <http://www.pritzkerprize.com/laureates/1989>
- Gehry, F.O. (1995). Frank Gehry 1991-1995. Madrid, Spain: El Croquis.
- Gehry, F.O. (1997, May 19). Interviewed by C. Rose [Video recording]. Architect

- Frank Gehry describes his newest project, the Guggenheim Bilbao. Retrieved from <https://charlieroose.com/videos/5322>
- Gehry, F.O. (2012). Frank O. Gehry: sketches. *Arcspace*. Retrieved from <http://www.arcspace.com>
- Gersbenfeld, N. (2012, Nov./Dec.).How to make almost everything-the digital fabrication revolution. *Foreign Affairs*, 91(6). Retrieved from <http://cba.mit.edu/docs/papers/12.09.FA.pdf>
- Gregor, A. (2015) A Zaha Hadid design at the High Line. The New York Times. Retrieved from <https://www.nytimes.com>
- Hadid, Z. (2004) The Pritzker Architecture Prize. The Hyatt Foundation. Retrieved from <http://www.pritzkerprize.com/laureates/2004>
- Hickey, S. (2015, July 30). The history of the office- why open-plan fell out of fashion. *The Guardian*. Retrieved from <https://www.theguardian.com>
- Hoyt, A. (2012). Frank Gerhy's house. *Journal of the American Institute of Architects*. Retrieved from <http://www.architectmagazine.com>
- Digital (n.d.). In Oxford English Dictionary. Retrieved from <http://public.oed.com/aspects-of-english/word-stories/digital/>
- Jodidio, P. (2015). *100 Contemporary concrete buildings vol. 1*. Cologne, Germany: Taschen.
- Kamins M.A. & Stewart D. W. (1993). Secondary research-information sources and methods. London, England: Sage.
- Kolarevic, B. (2003). Digital Morphogenesis. In Kolarevic, B. (Eds.), *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing* (pp. 17-45). New York, NY: Spon Press.
- Lyndon, D. & Moore, C.W. (1994). *Chambers for a memory palace*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Lynn, G. (2005). Organic algorithms in architecture. TED Talk. Retrieved from <https://www.ted.com>
- Mitchell, W.J. (2004). Constructing complexity in the digital age. *Science*, 303(5663), 1472-1473. doi: 10.1126/science.1091973
- Neuman,W. Lawrence (2014) 。當代社會研究法-質化與量化取向(王佳煌、潘中道、蘇文賢、江吟梓，譯)。台北:學富文化。(原著第七版出版於 2011 年)
- Oakes, E.H.(2007). *Encyclopedia of world scientists*. New York, NY: Infobase.

- Office (n.d.). In *Cambridge dictionary*. Retrieved from <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/office>
- Office (n.d.). In *Merriam-Webster's online dictionary*. Retrieved from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/office>
- Pagnotta, B. (2013, Sept. 1). AD classics: the Guggenheim Museum Bilbao/ Gehry Partners. [Webblog]. Retrieved from <http://www.archdaily.com>
- Related Companies. (2013, July 16). 520 West 28th Street, New York City for Related Companies. Retrieved from <http://www.zaha-hadid.com/2013/07/16/520-west-28th-street-new-york-city-for-related-companies/>
- Rosenfield, K. (2013). Zaha Hadid Unveils New York apartment block alongside High Line. Retrieved from <http://www.archdaily.com/402754/zaha-hadid-unveils-new-york-apartment-block-alongside-high-line>
- Rutton, D. Grasshopper getting started with David Rutton. Retrieved from <https://vimeopro.com/rhino/grasshopper-getting-started-by-david-rutton/video/79843287>
- Sanchez-Alvarez, J. (2009, Sept.). *Practical aspects determining the modeling of the space structure for the free-form envelop enclosing Baku's Heydar Aliyev Cultural Center*. Paper presented at International Association for Shell and Spatial Structures. Symposium conducted at Polytechnic University of Valencia, Valencia, Spain.
- Saval, N. 隔間:我們如何從 19 世紀陰暗帳房走到 21 世紀 Google 人性化辦公空間 (黃涓芳, 譯)。台北:城邦。(原著初版出版於 2014 年)
- Schumacher, P. (2004). *Digital Hadid: Landscape in Motion*. Basel, Switzerland: Birkhäuser.
- Schumacher, P. (2009). Parametricism: a new global style for architecture and urban design. *Architectural Design*, 79(4), 14-23. doi: 10.1002/ad.912
- Schumacher, P. (2015). Zaha Hadid. 2020 東京大改造。
- The Museum of Modern Art. *Deconstructivist architecture*. Fact sheet (29). Archives of The Museum of Modern Art, New York, NY.
- Van Loon, H.W. (2005). *The story of mankind*, New York, NY: Cosimo.
- Walsh, M. (1996). Fred & Ginger: Gehry's dancing building steps out in Prague. *The*

Journal of the International Institute, 3(2). Retrieved from
<http://hdl.handle.net/2027/spo.4750978.0003.203>

Yin, R.K. (Ed.). (2014). *Case study research: design and methods*. Los Angeles, CA: Sage.

Zaha Hadid Architects. (2012). *Galaxy SOHO*. Retrieved from
<http://www.zaha-hadid.com/architecture/galaxy-soho/>

Zaha Hadid Architects. (2012). *Heydar Aliyev Center*. Architecture. Retrieved from
<http://www.zaha-hadid.com/architecture/heydar-aliyev-centre/>

Zaha Hadid Architects. (2015). *520 West 28th Street*. Retrieved from
<http://www.zaha-hadid.com/design/520-west-28th-street/>

