

國立臺灣大學工學院土木工程學系



碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

運用 COBie 建置智慧建築設施管理系統之雛形
COBie-based Prototype for Intelligent Building Facility
Management (FM) System

熊葉欣

Ye-Xin Xiong

指導教授：陳柏翰 博士 郭榮欽 博士

Advisor: Po-Han Chen, Ph.D. Rong-Chin Guo, Ph.D.

中華民國 106 年 7 月

July, 2017



國立臺灣大學碩士學位論文
口試委員會審定書

運用 COBie 建置智慧建築設施管理系統之雛形
COBie-based Prototype for Intelligent Buildings
Facility Management (FM) System

本論文係 熊葉欣 君 (R04521715) 在國立臺灣大學土木工程學系
碩士班完成之碩士學位論文，於民國 106 年 7 月 1 日承下列考試委員
審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

陳柏翰

(指導教授)

郭榮欽

(指導教授)

沈恆光

嚴崇一

張陸滿

系主任

謝尚賢

陳柏翰

郭榮欽

沈恆光

嚴崇一

張陸滿

謝尚賢

(簽名)



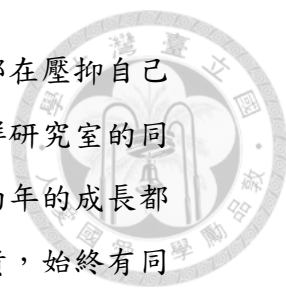
誌謝



兩年以來，從一開始充滿好奇與興奮，到中間一度後悔，到最後刻苦拼搏的日子，常常處於很矛盾的心態。因為原本在大學時期的學習內容和學習方式與在台灣完全不同，所以這兩年我都在不斷改變，無論是心態還是狀態。我都堅信人生是用來體驗的，無論好壞，這兩年的體驗對於我而言是絕無僅有的。

其實剛入學的時候，我雖然對土木並不了解，但是始終對於 BIM 有很高漲的熱情。記得第一學期就修習了 BIM 課程，整整一個學期我都不了解 COBie 到底是什麼，全然沒想過這會是我未來的課題。所以要首先感謝我的兩位指導老師，陳老師與郭老師。陳老師作為我的主要指導老師，從來不會干涉我的研究興趣與方向，只要有想法，願意努力，老師都會百分百支持。而且作為大陸學生，在台灣本經歷許多不順，而陳老師始終都在幫助我適應這裡的生活，始終鼓勵我，我以前從來沒有想過原來老師也可以這麼平易近人、和藹可親，所以兩年來我都非常感謝老師的培養與教導。而郭老師可以說是帶我進入 BIM 領域的老師，從一開始修課，到後續與老師的討論，郭老師在 BIM 領域的研究都讓我驚訝。最開始我對於 BIM 的理解也非常膚淺，並沒有覺得 BIM 有什麼特別之處，常常也會與大眾一樣認為都是軟體堆砌的感覺。但與郭老師長達一年的討論才理解這其中的奧妙，以及 BIM 發展的困境，而我的研究內容中也有非常多問題都是依靠郭老師的才學才能解決，這篇論文的撰寫真的非常感謝郭老師。

至於我在台灣生活這兩年，與我最親密的就是研究室同學。剛來台灣的時候，我其實對於台灣是完全不了解的，而文化差異也出乎我的意料，甚至常常聽不懂同學討論的趣事。但是我的研究室同學們從來沒有介意我是大陸人，不僅耐心向我普及一些台灣的基本知識，努力教我台語，而且還各種帶我出去旅遊，找尋一些本地人才知道的秘境，讓我這兩年的生活特別充實。而且以前在大陸，好學生都要乖乖



上課、刻苦努力，卻從來不知道放鬆，而且我一直以來都在壓抑自己的本性，努力做一個好學生，也不擅長與人交流，而這群研究室的同學教會我做自己，告訴我如何面對真實的自我，讓我這兩年的成長都驚訝到自己。而在論文最關鍵的半年里，無論我數次崩潰，始終有同學陪伴左右，鼓勵我，幫助我，沒有研究室的同學們，我可能無法完成我的論文。

此外，還要特別感謝我的兩位陸生學長，在台灣的第一年，多虧了學長才能夠順利融入，並且學長也給了我非常多的幫助，在我孤立無援的時候，學長都像是一種依靠；另外陳家的學長姐真的人非常好，即使畢業了再見面還是會想著幫助我們，並且也會給我們鼓勵，讓我們不要害怕論文研究；而電輔組的同學和學長姐確實在程式開發上給了我非常多的幫助，讓我從完全的小白變得能夠寫出一些基本能看的程式，對此我是非常感謝的。

最後還是要感謝我的父親，即使我已經工作之後，辭職去讀一個不同的專業，沒有收入還需要家裡幫助，這些的一切，他都支持。因為家裡的支持，才讓我成長為一個可以獨立自主，全權決定人生，毫無後顧之憂，敢闖敢衝的人。至此，感謝這兩年出現在我的生命中，無論是擦肩還是深交的所有朋友，因為有了這些，我才能變成如今的我。

摘要



過去數年有許多與智慧建築和建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 相關的研究，但是大部分研究都集中在建築生命週期的前段。同時鑑於智慧建築內設施系統的複雜性，如何建立一個合適的智慧建築設施管理系統還有待研究。而在設施管理平臺中引入 BIM 將有利於智慧建築的管理。其中，由 BIM 模型產出的施工營運建築資訊交換標準 (Construction Operations Building Information Exchange, COBie) 近年來越來越流行，因其格式為國際通用標準，以及其對資料保留得完整性而言，非常適合作為智慧建築設施管理系統的資料基礎。所以，本研究計畫針對智慧建築，以其設施管理需求為基準設計系統資料庫，以 COBie 為資料來源進行資料庫映對方式的探討，開發以網頁為基礎的設施管理系統雛形，以證明引入 BIM 以及 COBie 到設施管理系統的可行性。

關鍵詞: 建築資訊模型，建築資訊交換標準，設施管理，網頁設計，關聯式資料庫



Abstract



There have been a lot of research efforts related to intelligent buildings and Building Information Modeling(BIM) in the past few years, but most of the research has focused on the early stages of the building life cycle. However, due to the complexity of intelligent equipment in intelligent buildings, how to effectively improve facility management (FM) systems for intelligent buildings is still being researched. In addition, an FM system integrated with building information modeling (BIM) will likely make intelligent buildings more intelligent and. thus, Construction Operations Building Information Exchange (COBie), which is a data format for the publication of a subset of BIM, is getting popular. Two remarkable advantages of COBie are that COBie can take several approved formats and can be incorporated into software for building life cycle analysis. By using COBie format as a data source, this research aims to develop a Web-based FM system for intelligent buildings to demonstrate the feasibility of introducing BIM& COBie into a FM system.

keywords: BIM, COBie, Web-Based, Facility management, Web, SQL-Server, ASP.NET



目錄



口試委員會審定書	iii
誌謝	v
摘要	vii
Abstract	ix
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	2
1.3 研究目的	3
1.4 研究範圍與限制	3
1.5 研究流程	4
1.6 論文內容與架構	6
第二章 文獻回顧	7
2.1 智慧建築	7
2.1.1 台灣智慧建築標章	7
2.1.2 中國大陸智能建築設計標準	10
2.1.3 香港智能建築指標	11
2.1.4 小結	12
2.2 設施管理	12
2.2.1 設施管理的內容	13
2.2.2 設施管理商用軟體	13
2.2.3 小結	16
2.3 COBie	18
2.3.1 定義與特色	18
2.3.2 表單結構	19
2.4 結合 BIM 與設施管理之相關研究	22
第三章 智慧建築設施管理系統設計	25
3.1 系統架構	25



3.1.1	系統功能模組	25
3.1.2	系統應用架構	27
3.2	專家訪談	27
3.3	系統流程分析	30
3.3.1	固定資產管理流程分析	30
3.3.2	預防性維護管理流程分析	34
3.3.3	空間管理流程分析	35
3.4	資料庫設計	36
3.4.1	資料庫設計方法	37
3.4.2	固定資產管理資料庫設計	38
3.4.3	預防性維護管理資料庫設計	45
3.4.4	空間管理資料庫設計	49
3.5	系統開發	52
3.5.1	系統功能定義	52
3.5.2	WEB 介面開發	53
3.5.3	Revit API 開發	54
第四章	系統資料庫與 COBie 資料的映對	55
4.1	COBie 資料分析	55
4.1.1	COBie 欄位解讀	55
4.1.2	COBie 資料庫架構	57
4.2	資料庫映對方法及過程	59
4.2.1	資料表映對順序	59
4.2.2	資料表名稱映對	60
4.2.3	資料表主鍵映對	63
4.2.4	資料表外鍵映對	64
4.2.5	資料表一般欄位映對	67
4.2.6	小結	68
4.3	COBie 產出方式的探討	69
4.3.1	COBie 資料產出工具	69

4.3.2	COBie 資料產出注意問題	72
4.3.3	COBie 手工建置資料	75
第五章	案例實作與成果分析	77
5.1	案例實作	77
5.1.1	固定資產管理	78
5.1.2	預防性維護管理	84
5.1.3	空間管理	88
5.2	成效分析	91
5.2.1	系統功能成效分析	92
5.2.2	COBie 資料成效分析	93
第六章	結論與建議	97
6.1	結論	97
6.2	建議與後續研究	97
	参考文献	99





圖目錄



1.1	智慧建築歷年申請件數	2
1.2	典型竣工交付文件	3
1.3	研究流程	5
2.1	台灣智慧建築標章發展歷程	8
2.2	可辨識的設施管理功能	14
2.3	維護管理分類	15
2.4	ARCHIBUS 功能介面	16
2.5	COBie SpreadSheet 在生命週期之流程	19
3.1	智慧建築設施管理系統功能模組	26
3.2	智慧建築設施管理系統應用架構	28
3.3	設備資產管理作業流程	30
3.4	設備購置作業流程	30
3.5	固定資產管理流程圖	33
3.6	預防性維護管理流程圖	35
3.7	空間管理流程圖	36
3.8	E-R Model 基本元素	37
3.9	資產清冊範例	39
3.10	固定資產管理實體－關係模型	41
3.11	固定資產管理關聯式資料庫雛形	42
3.12	第一階正規化範例	43
3.13	第三階正規化範例	43
3.14	固定資產管理關聯式資料庫架構	44
3.15	設備維護定期保養年度計畫表範例	45
3.16	定期檢查保養表範例	47
3.17	預防性維護管理關聯式資料庫架構	48
3.18	空間一覽表範例	49



3.19	空間管理關聯式資料庫架構	51
3.20	系統開發架構	52
3.21	系統介面	54
4.1	COBie 資料庫架構	58
4.2	資料表主鍵映對狀況一	64
4.3	資料表主鍵映對狀況二	64
4.4	資料表外鍵映對狀況一	65
4.5	資料表外鍵映對狀況二	66
4.6	資料表外鍵映對狀況三	67
4.7	Type 資料表一般欄位映對狀況一	67
4.8	Type 資料表一般欄位映對狀況二	68
4.9	Type 資料表一般欄位映對狀況三	68
4.10	COBie Extension 介面	70
4.11	基本參數設定 (Setup) 介面	71
4.12	區域管理與 COBie 領域參數修改 (Modify) 介面	72
5.1	建築模型	77
5.2	BIM 模型資料填寫範例	78
5.3	參數映對範例	79
5.4	COBie 資料輸出範例	80
5.5	製造商映對結果範例	81
5.6	系統映對結果範例	81
5.7	空間映對結果範例	81
5.8	類型映對結果範例	82
5.9	資產映對結果範例	83
5.10	查詢介面	83
5.11	COBie 資料手工輸入範例	84
5.12	工具映對結果範例	85
5.13	零件映對結果範例	85

5.14 維護計劃與項目映對結果範例	86
5.15 維護計劃介面	87
5.16 檢查保養介面	87
5.17 BIM 模型房間資料填寫範例	88
5.18 區域資料填寫範例	89
5.19 COBie 資料輸出範例	89
5.20 區域映對結果範例	90
5.21 空間映對結果範例	90
5.22 空間查詢介面	91





表目錄



2.1	智慧建築指標涵義	9
2.2	設施管理指標評估內容	9
2.3	中國大陸智能建築設計要素	11
2.4	信息化應用系統與設施管理系統比對	12
2.5	FM：Interact 功能模組說明	17
2.6	COBie 工作表單說明	20
3.1	固定資產管理資料內容	39
3.2	預防性維護管理資料內容	49
3.3	空間管理資料內容	50
4.1	COBie 分類欄位列表	56
4.2	COBie 標識欄位列表	57
4.3	資料表名稱初步映對	61
4.4	資料表名稱映對結果	62
4.5	COBie Extension 步驟對產出資料的影響	73
4.6	基本參數設定結果	75
5.1	固定資產管理欄位映對總表	94
5.2	預防性維護管理欄位映對總表	95
5.3	空間管理欄位映對總表	95



第一章 緒論



1.1 研究背景

自建築資訊模型 (*Building Information Modeling, BIM*) 概念推廣以來，世界各地都出現許多利用 BIM 來降低工程成本、減少溝通時間的案例。根據 Becerik-Gerber[1] 的調查可知，曾使用過 BIM 的用戶中有近 8 成左右會運用 BIM 於設計與施工階段，而用於運維階段的卻只有 4 成，但對於有意願將來使用 BIM 的用戶中，卻有近 8 成用戶希望在運維階段中能夠使用，此結果可看出，大部分用戶對於 BIM 的在運維階段的使用抱有更高的期望。

施工營運建築資訊交換標準 (*Construction Operations Building Information Exchange, COBie*) 的出現，則串聯了整個建築生命週期的資料，供做營運時的設施維護管理使用 [2]。COBie 標準是由美國陸軍工兵單位所研發，旨在建築物設計施工階段就能考慮未來竣工交付營運單位時設施管理所需資訊的蒐集與彙整。而在 2012 年，美國國家 BIM 標準 (*United States-National Building Information Modeling Standard, NBIMS*)[3] 以及英國「Cobie-uk-2012」[4] 均針對英美兩國制定了 COBie 的運用標準，而韓國、新加坡、澳洲、紐西蘭等國家都會緊隨英美之後，故 COBie 可謂國際上在 BIM 的發展中至關重要的一個環節。

同樣，在社會型態改變下，建築的營運形態也逐漸改變，智慧建築的概念也逐漸豐滿。因此，內政部建研所於民國 80 年開始進行智慧建築相關的調查與準則指定，並先後於民國 93 年、100 年、105 年發佈三版智慧建築評估手冊，同時於民國 102 年 7 月 1 日起，依據智慧綠建築推動方案要求，新建公有建築物總工程造价達新台幣二億元以上者必須申請智慧建築標章 [5]，由圖 1.1 可看出智慧建築標章申請件數逐年攀升，預示著政府也在大力推動智慧建築的發展。

對於智慧建築而言，由於智慧化設備的增加，建築資訊的整理更為繁複，在設施管理過程中也會有較為複雜的要求，營建產業利用 BIM 協助營運智慧建築的需求會越來越大，而如何利用 BIM 與 COBie 協助智慧建築設施的維護管理顯得尤為重要。

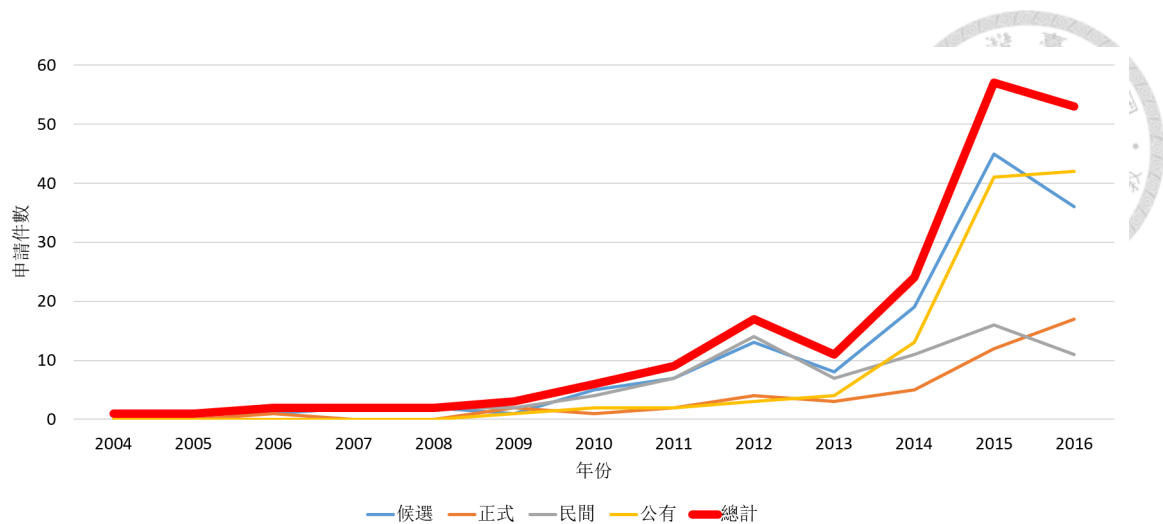


圖 1.1: 智慧建築歷年申請件數
資料來源：本研究整理

1.2 研究動機

就目前建築竣工交付現狀而言，存在較為嚴重的資料斷層。由於交付的資料來自於不同專業背景的建築師、營造廠、工程顧問或承包商等，而交付者與承接者習慣的使用資料格式不一定一致，在轉換過程容易有資料錯誤或遺失的風險，許多在設計施工過程中產生的資料無法運用至運維階段，或在建築物已經開始使用後才移交（圖 1.2）。例如在設計施工階段，不同設計單位與施工方採用的繪圖軟體差異較大，在交付資料時不同軟體的整合會造成一定得成本升高，如何以最便捷的方式取得不同軟體所包含的建築資料在交付過程中尤為重要。在對於決定使用電腦化維護管理系統（CMMS）的業主來說，有必要將設備與其他建築的資訊轉換成數位的檔案，這通常也需要耗費大量的人力與時間，影響了營運管理的運作效率 [2]。

隨著智慧建築的發展，對設施管理的要求更加具體與全面，導致了系統建置成本的增加。同時，智慧建築的設施設備較一般建築種類繁多，交付的資料量可能是一般建築的數倍。如果仍然採用紙本資料交付，對於設施管理人員的專業以及與業主的協作要求更高。而且智慧建築要求設施管理人員盡早地參與建築生命週期，這表示在建築生命週期的前期可能會產生許多設施管理所需要的資料，如何利用這一點對於智慧化而言十分重要。而在設施管理的過程中，涉及到的管理人員、業主、維護設備廠商等眾多，各方所需的資訊以及產生的資料也各有不同，



圖 1.2: 典型竣工交付文件
[6]

如何將這些資訊有效蒐集利用共享，也是智慧化設施管理的一項重要議題。

1.3 研究目的

本研究以達到智慧建築設施管理的需求為目標，在建築生命週期前期使用 BIM 模型進行設計與施工的前提下，為解決不同專業以及公司所提供的資料屬性與格式不同的問題，以 COBie 資料格式作為統一的交付標準讀取模型非幾何資料。同時為保證日後設施管理過程中不同使用者的資訊共享，擬建置 web 化的設施管理平台雛形。

為簡化智慧建築設施管理系統的建置過程，本研究計劃整理出系統的基本架構，並通過開發若干功能項，歸納建置資料庫與系統的基本步驟。再通過實際案例的實作，證明 COBie 運用於資料庫建置的可行性，並總結 COBie 運用於智慧建築設施管理系統的主要特徵。

1.4 研究範圍與限制

因設施管理的過程十分複雜，且常因建築類型以及業主需求而異，而設施管理有極大部分資料以及資訊是在管理過程中產生的，但本研究計劃採用竣工階段交付的 BIM 模型為基礎，通過 COBie 資料格式來建置設施管理系統的基本雛形，

故不涉及系統使用過程中可能產生的新的資料，也不考慮 COBie 資料會在設施管理過程中發生變化的可能。

對於設施管理系統的功能設計，由於所需功能十分複雜，許多功能存在客製化需求，故本研究著重在於基礎功能的展示，而非功能的完整性，故不會在系統中加入 BIM 模型雲端圖臺等對技術要求較高而對資料要求較低的功能。

1.5 研究流程

本研究在針對相關背景進行初步研讀後即確立研究目的，並從文獻回顧中了解智慧建築的定義以及評估標準、設施管理的一般規定以及商用設施管理系統的功能設置，從而確立本研究的智慧建築設施管理系統的基本架構，同時還需要從文獻中了解目前 BIM 應用於設施管理的相關研究以及 COBie 資料格式目前的發展狀況。

在系統設計的階段，先經過對智慧建築與設施管理的專家進行諮詢後，初步了解實務上智慧建築設施管理的重點以及應用 COBie 資料的障礙，為後續研究確立基礎。再通過資料的彙集整理得出智慧建築設施管理的基本需求，從而訂定系統的功能以及資料庫的架構。並根據資料庫的架構以及對 COBie 資料格式的分析，探討應用 COBie 資料格式於智慧建築設施管理系統的映對方法。

本研究欲開發之智慧建築設施管理系統雛形藉由工具軟體 Visual Studio 2015 輔助開發，並採用 C# 程式語言的 ASP.NET 來進行撰寫程式，而資料庫的開發則藉由軟體 SQL server 2014 進行管理與操作。最後採用 BIM 模型進行 COBie 資料的匯出與系統資料的映對，並展示系統功能，從而驗證基於 COBie 的智慧建築設施管理系統之可行性與必要性，最後進行成效分析與討論。

綜上所述，本研究的研究流程如圖 1.3。

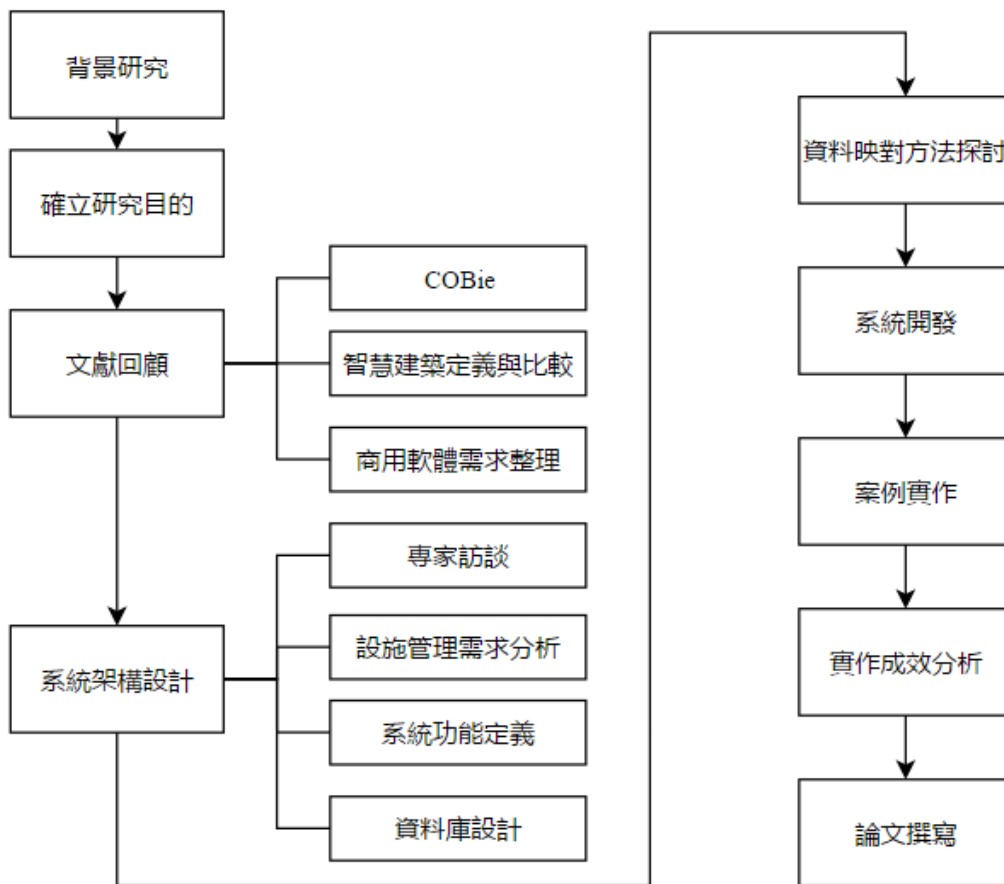


圖 1.3: 研究流程
資料來源：本研究整理



1.6 論文內容與架構

本研究架構主要分為六個章節，各章節內容簡述如下：

第一章緒論

介紹本研究的研究背景，闡述研究動機與目的、研究範圍與限制、研究流程，說明本研究主要內容與架構

第二章文獻回顧

介紹國內外相關文獻與相關研究，依文獻內容分為四小節，分別為智慧建築以及評估標準相關文獻與比較、設施管理定義及商用軟體總結、COBie 定義以及相關文獻、結合 BIM 與設施管理相關文獻，了解國內外與本研究相關之研究，確立研究基礎。

第三章智慧建築設施管理系統設計

通過對設施管理的流程分析整理系統功能並歸納總結資料需求，通過實體關係模型建置系統資料庫，最後進行系統的開發。

第四章系統資料庫與 COBie 資料的映對

本章節通過對 COBie 資料內容及格式的分析，從資料庫的角度分析 COBie 資料之後，結合 COBie 資料庫以及系統資料庫的特點，探討其映對方法與過程中可能出現的狀況，從而總結 COBie 資料產出過程中可能需要注意的問題。

第五章案例實作與成果分析

利用第四章提供的映對方式，採用實際案例的 BIM 模型匯出 COBie 資料並映對到資料庫中，並比對 BIM 模型、COBie 資料以及系統操作資料，以此驗證 COBie 資料運用於設施管理系統的可行性與必要性。

第六章結論與建議

針對本研究內容統整歸納出結論，並針對後續研究給予建議。

第二章 文獻回顧



本研究將針對智慧建築、設施管理、COBie 資料格式以及運用 BIM 模型與設施管理系統的相關研究進行文獻回顧，為後續研究建立基礎。

2.1 智慧建築

自 1984 年首座舉世公認的智慧建築-City Place 大樓落成至今，已有 30 多年時間，同時也是資訊通信與自動化科技產業快速發展的時代。智慧建築即是在這一時代科技的變革下為因應大量資訊通信設施導入建築空間，而產生的高科技建築，也成為當今建築領域中重要的發展方向 [7]。智慧建築的定義是應用網路、監測設備及系統整合等技術，讓建築物達到自動感知、分析及回應等功能，並在規劃設計之初，事先考慮使用者需求，提供需要的服務及後續維護管理的方便性，使建築物在完成之後，可以有最佳化之組合與運轉，以滿足使用者對安全、舒適、便利、效率的需求，並達到節能與降低維護管理人力經費之目標 [8]。

為便於後續智慧建築設施管理系統的設計，本節將從台灣、香港以及中國大陸的智慧建築評估標準進行回顧以及比對中了解智慧建築的特點以及智慧建築設施管理的基本要求。

2.1.1 台灣智慧建築標章

台灣的智慧建築發展起於民國 80 年代，內政部建研所於當時進行智慧建築相關的調查與準則制定，並於民國 92 年完成「智慧建築解說與評估手冊」以作為申請智慧建築認證之依循，民國 93 年開放各界申請智慧建築標章，並在民國 100 年增加一個指標評估內容。民國 105 年再一次修改，包含將分級方式由指標數改成總分制，調整指標項目、簡化評估內容等，鼓勵臺灣營建產業業者智慧創新，以推動智慧建築的建造，其發展歷程如圖 2.1。

通過對 105 年最新版的智慧建築標章的回顧，可知其一共包含綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、健康舒適、智慧創新以及節能管理這八大指標（表 2.1）。而八大指標的評估項目又分為基本規定與鼓勵項目兩種，評估結果也分為五個等級，最低為合格級，最高為鑽石級，無論申請哪一級，八大

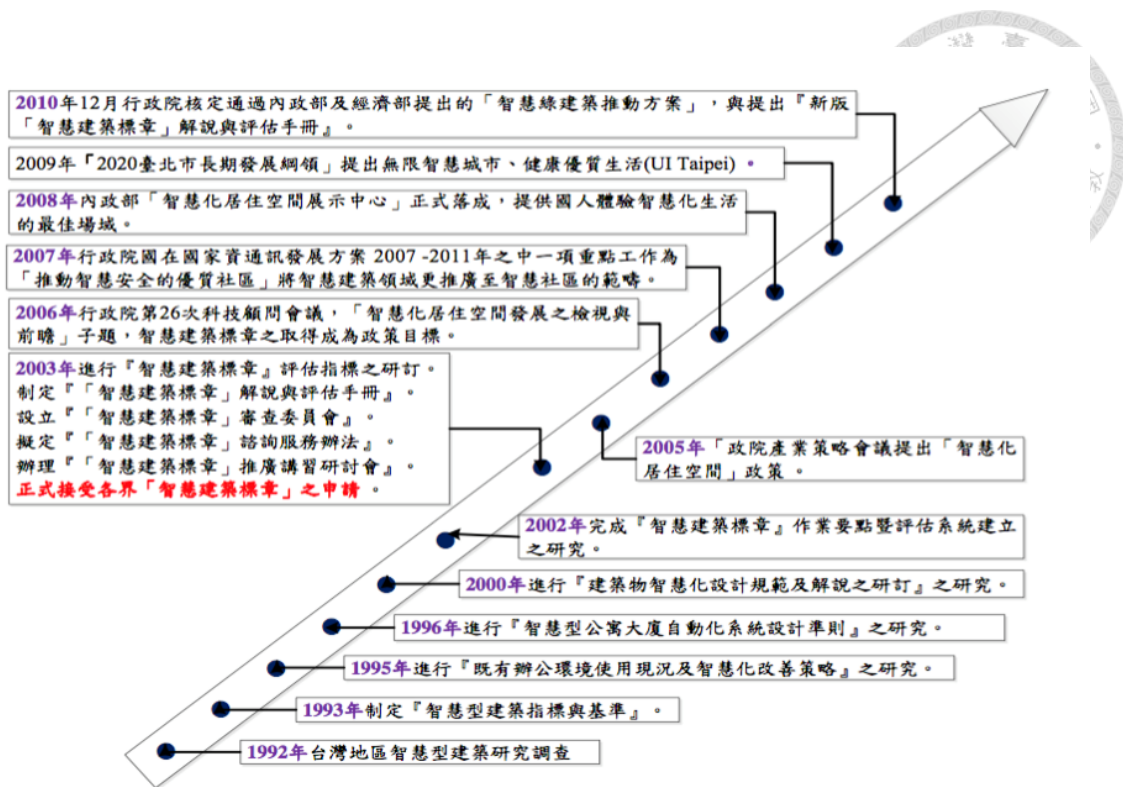


圖 2.1: 台灣智慧建築標章發展歷程
[9]

指標中基本項目均需要滿足，再根據鼓勵項目進行評估最終等級。同時智慧建築標章評定制度分成兩階段，第一階段為候選智慧建築證書，於建築物規劃設計階段或施工時申請，符合相關規定並取得建造執照者，核給候選證書；第二階段為智慧建築標章，合法使用中之建築物，或新建築物於建築物完工後即得提出申請，符合智慧建築相關規定且取得使用執照後，核給智慧建築標章。兩個階段的申請對於設施管理的要求變更高，因為在候選證書階段就需要提交運營維護階段所需的一些計劃、資料等，勢必會要求設施管理人員在建築生命週期的前期就要加入。

由於基礎項目為智慧建築申請門檻，所以本系統以達到基礎項目為目標。八大指標中的設施管理指標的基礎項目共分為四個，分別是：資產管理、效能管理、組織管理與維運管理（表 2.2）。

而內政部營建署在智慧建築評估手冊的基礎上，為了滿足智慧建築的需求，整理及歸納出建築物智慧化各構成要素之特性與需求，訂定出一套建築物智慧化之設計規範，以供參考。而該設計規範中同樣依據八大指標進行分類。而在設施管理這一章節，首先規定了設施的涵義應包括建築空間的使用用途的活動、及構成使用目的的附屬設備，同時也提到說應用系統軟體應該要因應不同建築物用途

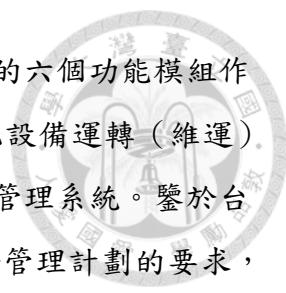


表 2.1: 智慧建築指標涵義
[5]

指標名稱	設置目的
綜合佈線	鼓勵將建築物之各系統予以整合,以節省建置費用、管道以及配線的空間,及落實後續維護,確認銜接服務不再受限於佈線瓶頸而無法實現
資訊通信	確保系統的可靠性、安全性,使用的方便性及未來的擴充性,並充分應用先進的技術來實現
系統整合	提高整體管理的效率與綜合服務的能力,降低建築物的營運成本,且能發揮在建築物內發生突發事件之控制與處理能力,將災害損失減少到最低限度
設施管理	透過有組織、有計劃、有制度及有效能的查核機制,以評定建築物智慧化功能正常運作的可靠性、異常及故障排除的即時性、服務品質的穩定性、及資訊彙整的正確性;以發揮建築智慧化的效能水準及的持續性發展
安全防災	著重在「主動性防災」以及各自動化系統間其整合及連動程度的評估,以鼓勵建築物朝向更優質的目標來規劃及建造
節能管理	提昇設備使用效率,並減少能源費用支出,更期望藉由二氧化碳減量而符合減緩全球暖化之永續環境趨勢
健康舒適	鼓勵規劃設計導入健康舒適、貼心便利等服務,透過網路及資通訊技術提供智慧型生活資訊服務,創造健康舒適的居住空間,提昇生活的便利性
智慧創新	鼓勵智慧建築導入標準符號及創新服務系統,掌握使用者需求,以創造智慧化生活新價值

表 2.2: 設施管理指標評估內容
[5]

指標名稱	評估內容
資產管理	固定資產管理制度、設施設備使用管理規範
效能管理	確設施管理整合作業系統
組織管理	管理組織形態與編制、設施管理、人事管理、專業或證照人員
維運管理	年度設備管理維護計劃、智慧化自主性的作業管理



及設備需求來進行開發建置，而針對系統的設計，提出了基本的六個功能模組作為參考，分別是資產管理系統、設施設備維護管理系統、設施設備運轉（維運）管理系統、事務管理系統、設施管理人員管理系統、綜合資訊管理系統。鑒於台灣智慧建築標章並無明確規定系統的設置要求，而更多是對於管理計劃的要求，所以本研究將以此規範為藍本設計智慧建築設施管理系統。

2.1.2 中國大陸智能建築設計標準

1986年，中國科學院計算機研究所在七五發展綱要科研中提出了智能化辦公大樓的概念，而在2000年，第一本與智能建築相關的國家標準《智能建築設計標準》正式奠定了智能建築作為中國建築發展方向的基礎[10]。《智能建築設計標準》中所定義的智能建築是“以建築為平台，兼備建築設備、辦公自動化及通信網絡系統，集結構、系統、服務、管理及他們之間的優化組合，向人們提供一個高效、舒適、便利、安全的建築環境”。現如今，該標準已發佈2015年新版，其中第四章設計要素中提出智能建築所必備的六個系統，分別是信息化應用系統、智能化集成系統、信息設施系統、建築設備管理系統、公共安全系統以及機房工程[11]。

根據表2.3可知，在中國大陸智能建築設計規範中，並沒有將設施管理單獨提及，而與設施管理最為接近的是信息化應用系統。其他幾項中智能化集成系統則比較接近資訊通信，信息設施系統比較接近綜合佈線，建築設備管理系統比較接近節能管理與綠建築的要求，公共安全系統則與安全防災類似，機房工程則是建築物硬體設置，在臺灣智慧建築標章並沒有特意提及。



表 2.3: 中國大陸智能建築設計要素
[11]

系統名稱	功能要求
信息化應用系統	滿足建築物運行和管理的信息化需要，提供建築業務運營的支撐和保障
智能化集成系統	以實現綠色建築為目標，滿足建築的業務功能、物業運營及管理模式的應用需求，具有實用、規範和高效的監管功能
信息設施系統	對建築內外相關的語音、數據、圖像和多媒體等形式的信息予以接受、交換、傳輸、處理、檢索和顯示
建築設備管理系統	具備建築設備運行監控、建築設備能耗監測的功能
公共安全系統	有效地應對建築內火災、非法侵入、自然災害、重大安全事故等危害生命和財產安全的各種突發事件
機房工程	宜包括信息接入機房、信息設施系統總配線機房、安防監控中心等智能化設備管理機房

雖然大陸智能建築設計要素中沒有明確提及設施管理系統，根據定義可以發現信息化應用系統與設施管理系統的大部分要求一致。而根據標準細則，信息化應用系統包括公共服務、智能卡應用、物業管理、信息設施運行管理、信息安全、通用業務和專業業務等。

2.1.3 香港智能建築指標

亞洲智能建築學會（AIIB）於 2000 年成立，並於次年提出世界上第一項 100% 量化的智慧建築評估體制——智能建築指標（IBI），其對於智能建築的定義為“智慧建築是基於選擇滿足用戶需求的最合適的品質與環境模式，通過選擇最合適的建築設施以達到建築生命完整週期的最大價值” [12]。最新發佈的第四版一共包括環保、空間、舒適、工作效率、文化、高科技、安全與結構、管理與安保、成本效益、健康與衛生等十個指標。

IBI 的特點在於將評估的設施內的設置以及設備分為三種關鍵元素，分別是功能需求類，例如電力供應等；功能空間類，例如樓層高度等；技術類，例如空調設備等。而十個指標的內容則是分別對這些關鍵元素定義其分值，再根據不同的建築物有不同的比重，從而計算分數。其評估方式非常靈活，難以與其他評估標準進行比對。

IBI 與以上所分析的其他智慧建築評估體制完全不同，其每一個指標的得分項

都具體到每一分，所以其評分制度更傾向於設計細節與實體的設置，而非系統需求。例如其空間指標中比較看重人均佔用面積，又或者在管理指標中比較重視模組化的設計與建造，這些類似的評分項側重點在於建築全生命週期的智慧化或者是智慧化的硬件要求，並不是單純的設施管理系統可以達到的。



2.1.4 小結

中國大陸的標準比較偏重於智慧建築的技術要求，而香港的標準則偏重於用戶體驗與需求，反而是臺灣智慧建築指標均有提及，但鑒於設施管理更偏向於技術要求，故本研究將基於智慧建築指標所發展出來的設計規範中所提到的設施管理系統基本功能於大陸的智能建築設計標準的信息化應用系統的要求進行對比（表 2.4），可知其基本滿足信息化應用系統的標準。故本研究所設計的智慧建築設施管理系統可適用中國大陸智能建築要求，但對於香港等其他地區的要求而言只能部分符合。

表 2.4: 信息化應用系統與設施管理系統比對
資料來源：本研究整理

系統名稱	設計要求	功能模組對應
公共服務系統	訪客接待 公共服務信息發佈	事務管理：支援性服務 事務管理：行政管理
智能卡應用系統	身份識別	
物業管理系統	物業經營 運行維護	資產管理 設備維護管理
信息設施運行管理系統	監測 分析運行狀態	設備運轉管理 設備運轉管理
信息安全管理系統	信息安全等級保護標準	綜合資訊管理：權限管理
通用與專業業務系統	其他業務需求	事務管理

2.2 設施管理

國際設施管理協會 (International Facilities Management Association, IFMA)[13] 對於設施管理的定義是結合商業行政、建築學、行為學及工程科學的知識與原則，使設施內人員與組織與實質的工作場所相互協調。無論是智慧建築或一般建築，

其設施管理需要符合的要求是一致的。為保證本研究所設計的智慧建築設施管理系統未有遺漏，將對設施管理的內容以及商業軟體進行整理以及回顧。



2.2.1 設施管理的內容

IFMA[13] 提出了建築設施管理所涵蓋可辨識的功能 (Identifiable FM Functions) 並區分成三類: 運維管理 (Maintenance/Operation Management)、資產管理 (Property Management)、服務 (Services), 而運維管理又可區分成監控 / 追蹤 (Monitoring/Tracking)、維護/更新/修復 (Maintenance/Alteration/Repair)、空間管理 (Space Management) 等三個子功能 (Sub-function), 而各子功能下又包含各相關功能, 如圖 2.2 所示。

在這三類中，維護管理在不同的研究中有不同的分類方式。楊冠雄將其分為了維護預防、預防維護、事後維護和改良維護，其中維護預防是在設計施工階段在選擇設備時優先考慮維護的部分；預防維護則表示保養與檢查，消除潛在問題；事後維護則是在設備出現故障之後所做出的修繕等；改良維護則是更新設備部分以延長壽命 [14]。而 Sullivan 則將設施維護分為預防性維護 (Preventive Maintenance) 和突發的故障維護 (Breakdown Maintenance)，即事後維護 [15]。其中預防性維護又可分為時間基準 (Time Based Maintenance) 與狀態基準 (Condition Based Maintenance)，時間基準是按照時間來進行維護，包括日常保養與定期維護，而狀態基準則是要首先監控設備運轉，通過運轉狀況來判斷是否需要進行維護。本研究將以上各分類方式總結如圖 2.3。

2.2.2 設施管理商用軟體

因 BIM 技術與概念在全世界建築業受到高度關注與研究，從而推出許多以 BIM 概念為基礎的 BIM 應用軟體，例如 Revit、Tekla 等，但這些軟體通常入門門檻較高且對硬體有一定的要求，導致運營維護階段極少會採用這類軟體，因此，市面上出現越來越多針對營運維護階段的相關設施維護管理 BIM 軟體，本研究將對國際上比較知名的 BIM 結合設施管理的軟體進行整理與探討：

1. ARCHIBUS

ARCHIBUS 是適用於組織機關、企業團體等各項不動產與設施管理資訊溝通

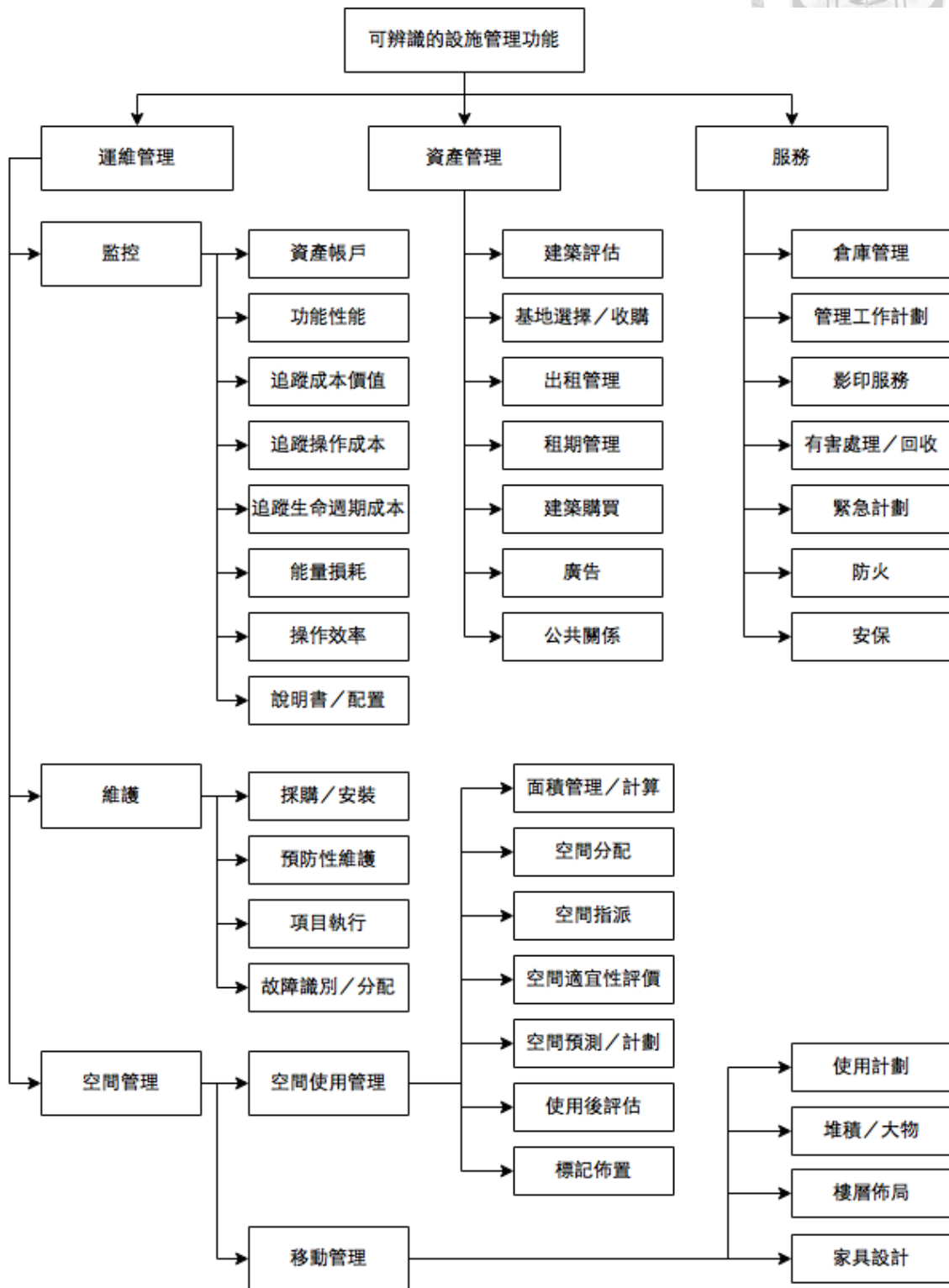


圖 2.2: 可辨識的設施管理功能 [13]

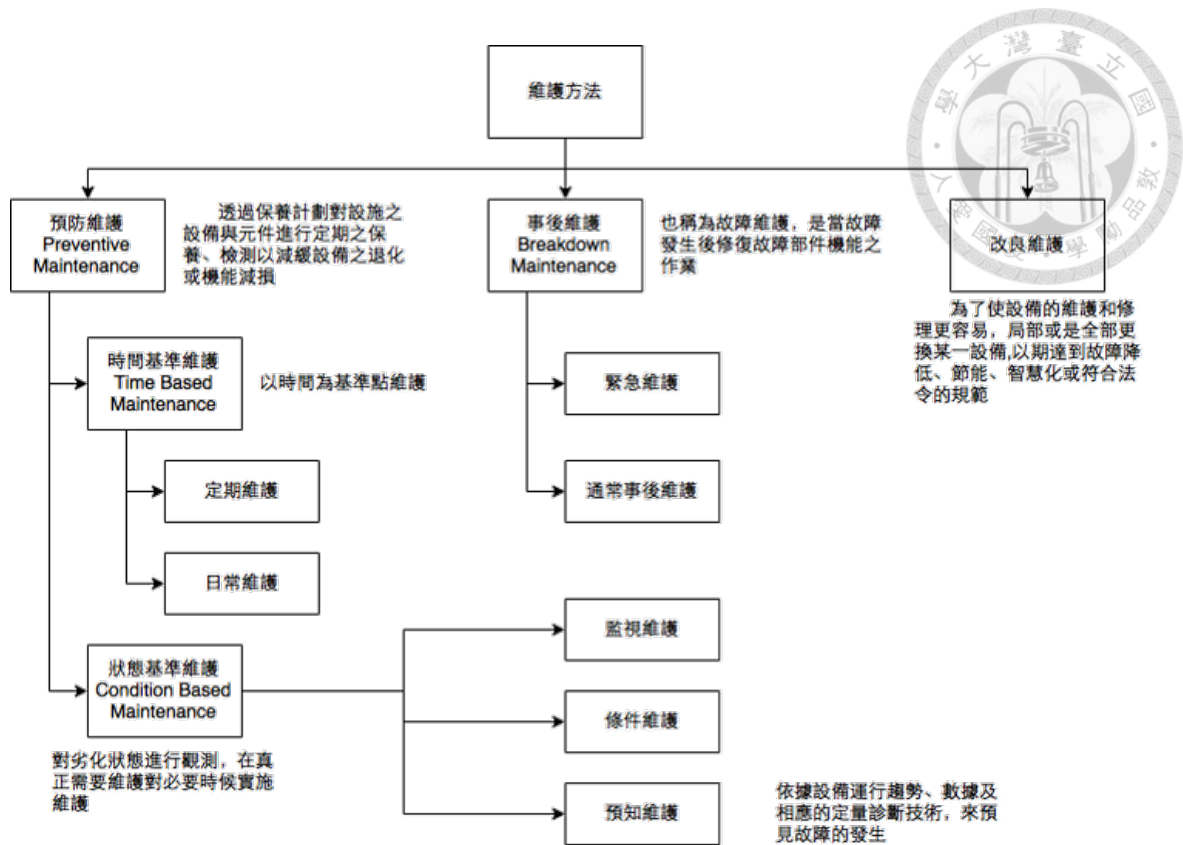


圖 2.3: 維護管理分類
資料來源：本研究整理

之圖形化整合性工具，它將 BIM、GIS 和移動設備結合，可以加快設施管理人員對建築、空間和運營的瞭解，同時還簡化設施管理工作，自動化管理從設計和建造階段到運營維護的全生命週期的資料流 [16]。

ARCHIBUS 的應用面涵蓋了房地產投資組合管理、資本項目管理、空間規劃與管理、移動管理、資產管理、環境與風險管理、建築維護管理、工作場所服務等，可建立以資產和空間為核心的統一管理系統，實現有形資產的視覺化管理，提高空間規劃能力與資產使用效率（圖 2.4）。ARCHIBUS 的優勢在於功能非常全面，可以讓用戶自定義其所需要的功能，還可以比較好的整合 BIM 模型，但是售價也非常昂貴，基本購買用戶都是國際性的管理公司。

2.FM: System

FM : Interact 是由 FM: System 推出的一個強大的基於 Web 的設施管理工具的集成套件，幫助組織改善他們的空間、佔用、資產、移動、維護、租賃和物業管理 [17]。同時 FM: System 還與 Autodesk 公司協議共同合作開發 BIM-FM 領域，所以其可以掛載於 Revit 中，並在 BIM 的空間視覺化環境下進行 FM 作業。FM :

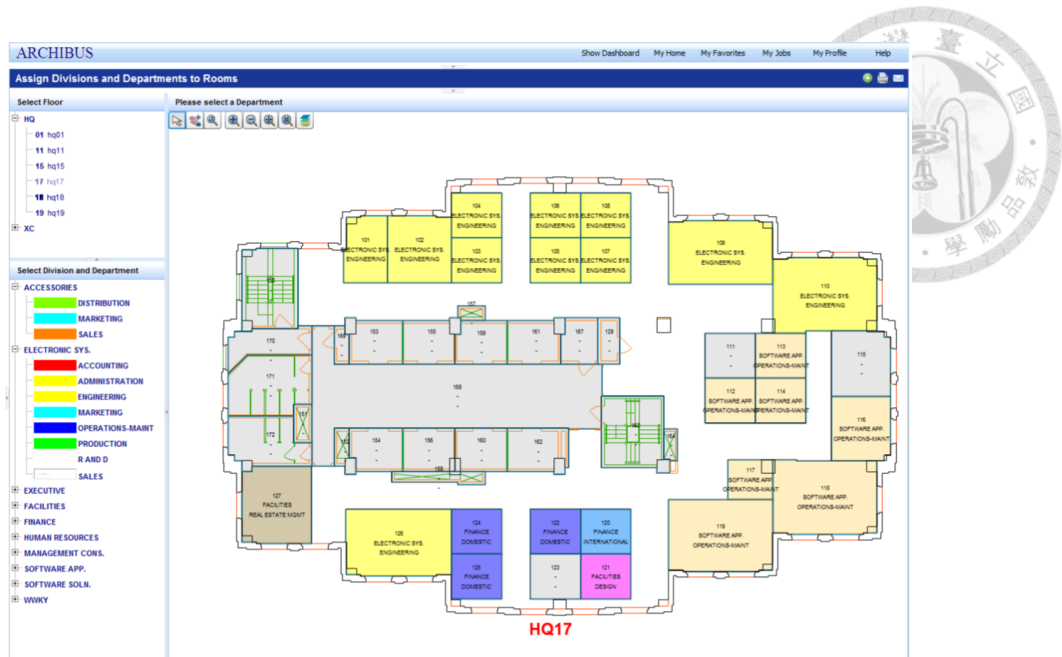


圖 2.4: ARCHIBUS 功能介面 [16]

Interact 的功能模組包括空間管理、項目管理、資產管理、維護管理、移動管理、空間預訂、策略計劃、移動通信、可持續發展、房地產與租賃，具體功能內容如表 2.5。

2.2.3 小結

因本研究將以智慧建築設計技術參考規範中所提出的設施管理系統要求作為系統架構的基礎，為完善系統內容，本研究特比對圖 2.2 中提及的功能要求與智慧建築設計技術參考規範中所提出的六大系統進行比對可知，參考規範提出的六大系統缺少成本追蹤以及能耗計算這兩方面的功能。而與商用軟體的比對發現，缺少的主要功能是投資與成本的管理以及環境能源的管理。即市面上運用的設施管理軟體以及一般設施管理的規定中都對財務以及能源管理有一定的要求，然而本研究所設計的設施管理系統的定義更偏重設施本身，且財務以及能源系統都可自成一套系統，通過與本研究所設計系統串聯，由設施管理系統提供數據運轉以及原始狀態資料，由財務以及能源系統進行管理。故財務管理系統以及環境能源的管理雖對於智慧建築極其重要，但並不屬於本研究所探討範圍。



表 2.5: FM : Interact 功能模組說明
[17]

空間管理	控制整個物理空間庫存，包括管理佔用，分配和退款，通過為組織內的利益相關者提供數據，報告和平面圖，提高空間數據的準確性，可見性和可用性
資產管理	跟蹤資產分配，跟蹤採購成本，資產折舊和生命週期成本，管理保修，條件和預期的服務結束日期
移動管理	避免不必要的移動和昂貴的重新配置項目，提供易於使用的基於 Web 的工具來管理個人和項目移動，盡可能減少移動延遲，改善與利益相關者的溝通
項目管理	集中所有設施項目信息，包括要求、審批、預算、時間表和供應商，提供易於使用的基於 Web 的工具，共享和協作關鍵項目詳細信息（包括預算、任務、文檔等）
維護管理	提供一套一致的強大工具，使整個組織的流程標準化，提高維護團隊技術人員的響應能力，主動維護有效的預防性維護計劃
空間預訂	通過調度和跟蹤空間使用來改進靈活空間的使用，在必要時通過向遠程工作人員提供辦公室資源，減少過多的庫存
策略計畫	計劃和管理未來的設施需求，並提供詳細的成本分析報告，預先計劃由意想不到的事件帶來的可能會對您的設施產生的影響
可持續發展	幫助跟蹤認證目標的進展，確定設施的環境足跡併計算您的 EN-ERGY STAR 評級
房地產與租賃	集中所有房地產信息，提供關鍵信息，改善房地產投資組合的管理並提高運營效率，分析財產財務數據並根據關鍵績效指標和行業基準監測投資組合業績
移動通信	可利用移動設備（如智能手機和平板電腦），在問題點獲得數據，圖紙和報告，減少到辦公室的行程，與利益相關者直接合作，隨時隨地訪問和更新設施信息



2.3 COBie

BIM 在全世界的工程業界發展快速，幾乎每個國家都發佈了針對 BIM 的一些基礎規範與要求。目前美國聯邦總務署發表的 3D-4D-BIM 的全國性計劃 [18]，其中提及的「竣工移交資訊格式的標準化」，即要求建築物竣工交付時能遵循統一的資訊交付格式。而英國政府發表的「政府營建策略 (Government Construction Strategy)」白皮書 [19]，更是要求凡政府公共工程，廠商竣工時必須交付 COBie 資訊交換標準格式的檔案。

同時，目前已經有許多工程在設計與施工階段運用 BIM 來進行設計、衝突檢測、排程等，在這方面的研究也非常豐富。然而 BIM 模型的生命週期常常在竣工時就結束了，前期留下的大量資料並沒有使用，對此，如何將 BIM 運用至維護運營階段則至關重要，而 COBie 資料格式的出現無疑加速了這一過程。

2.3.1 定義與特色

COBie 標準是由美國陸軍工兵研究與發展中心 (ERDC-CERL) 結合美國國家航空暨太空總署 (NASA)、美國國家標準暨技術院 (NIST)、美國國務院還未建築營運局 (OBO) 以及美國陸軍工程兵團 (USACE) 等單位合力開發，旨在建築物設施施工階段就能考慮未來竣工交付營運單位時設施管理所需資訊的蒐集與彙整。主要在訂定工程在生命週期中可能被擷取的資訊應該如何規範表達，降低在竣工交付時，大量資料整理轉換的冗長過程。而 COBie 有幾項重要的特點：

1. 以非幾何資訊的表達及收集為主；
2. 以設施長期營運及維護之資訊需求為參考；
3. 除了能以平易近人的 Excel 檔案格式來呈現以外，還能用 XML、IFCXML、IFC 等格式來表達；
4. 能從 BIM 模型匯聚它所需要之空間、設備等相關資訊；
5. 屬於開放式交換格式標準，不屬於單一軟體工具專有 [20]。



2.3.2 表單結構

COBie 的理念為建築生命週期的全過程中，設計施工等相關人員在進行某一階段的時候順便輸入 COBie 所創資料，COBie 的結構與生命週期之流程如圖 2.5。

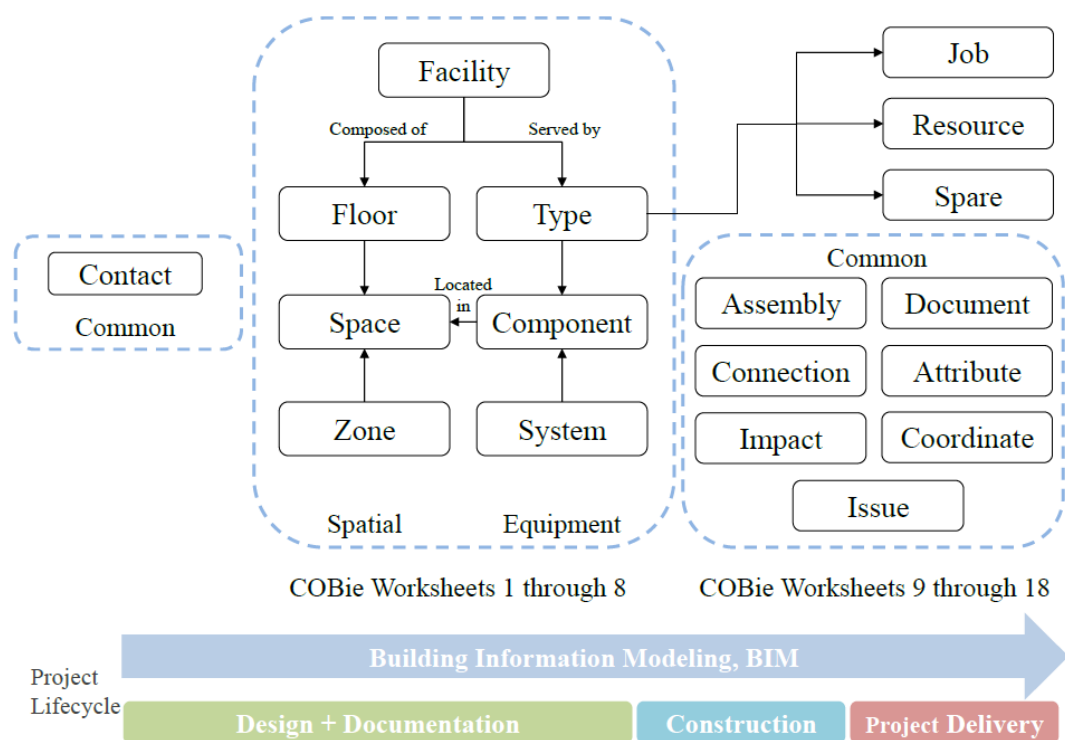


圖 2.5: COBie SpreadSheet 在生命週期之流程 [20]

COBie 包含有兩種資料：空間資料與元件資料。空間 (Space) 資料中，各樓層 (Floor) 劃分為不同的空間，而區域 (Zone) 則會不限橫向結構或豎向結構，而是按照區域劃分來分配空間；元件 (Component) 則是通過系統 (System) 來組織，而同類元件則屬於同一種元件類型 (Type)；而設備與空間之間的關聯則表達了設備的位置信息。除了這六個表單以外，還有包含整體建築設施以及基地資料的設施 (Facility) 表單，以及可以將設計施工人員與廠家信息建立到聯絡人 (Contact) 表單。剩下的表單中常用表單還有屬性 (Attribute) 表單，其表單內欄位是開放性的資訊內容，即其他表單中未設置而又需要記錄的屬性。BIM 模型中的大部分資料基本可填入以上九個表單中，剩下的表單主要會涉及到設施管理的過程，故在此不詳細敘述，全部 COBie 資料格式各表單涵義以及所填內容如表 2.6。而在欄位的設計上，COBie 會以顏色來區分表格，黃色為必要資訊，橙色表

示這個欄位有參考其他表單，紫色是外部參考資訊，綠色是選擇性資訊。



表 2.6: COBie 工作表單說明

[20]

表單/Sheet	內容/Contents	註解
聯繫 / Contact	聯絡人，包含該企畫中的個人及公司列表	通訊錄
設施 / Facility	包含被交付的設施資訊(涵蓋專案、工地、建築物、結構物)	設施基本資料
樓層 / Floor	包含該設施的垂直層級資訊(強制性的空間結構)	樓層簡介
空間 / Space	在指定的垂直或樓層層級中，空間的水平組織資訊。通常是參照建築師所定義的設施內實際房間(空間是可進行檢驗、維護和營運作業產出的空間位置)	空間名稱
分區 / Zone	包含空間組織的群組在相關的種類中，用來支持設備中的設計或運作功能。為了達到一致的結果，必須在計劃或企畫階段由業主定義(分區是規範的附加功能群組)	空間使用或特性
類型 / Type	包含設施中所管理的資產資訊。被組織化，去簡潔的提供構件、公共財產、需要的運作管理資訊的清單(類型是具種類或產品成分之強制性的元組件群組，用於組織維護任務)	型錄
組件 / Component	包含每一件被管理的資產的具體情況資訊。大部分此類資訊是被識別的(實物資產)	安裝、啟用日期、使用期限
系統 / System	包含資訊去描述建構群組如何組織在相關的種類之中，以實踐設施的建築服務(系統是元組件有附加功能的群組)	系統
組裝 / Assembly	包含產品內部的資訊，產品本身是由其他產品所構成。在某些類型的組件中，其內部的部件具有不同的維護計畫(類型或元組件可以被聚集，從而使此配置可被集中管理)	設備中的小構件

連結 / Connection	包含組件之間的邏輯資訊。以幫助管理人員在轉動斷路器或閘門時，確定對構件上游及下游的影響(組件之間的邏輯連接)	親屬關係
影響 / Impact	提供一個機制使各類資產管理的營運管理所需的備件、替代物、消耗品可以被辨識(備件是實體物件以及用於維護和營運該資產之過程的工作)	紀錄影響狀況
備品 / Spare	提供一個機制，使維護活動中的需求可以被傳達，包含原料、設備與訓練等(此過程的支援資源)	備件
資源 / Resource	提供一個機制，使預防性維護、安全、測試、營運、緊急程序可以被傳遞。可包含操作或任務的一系列的描述(用於維護和營運該資產的過程)	需要的資源(能源)
工作 / Job	提供一個機制使各種設施對環境與住戶的影響可以被捕捉(在生命週期特定的階段的可選物件具有靈活的重複模式的經濟和環境的影響)	作業手冊
文件 / Document	提供一個機制使許多種類的外部文件可以被索引，以及文件的資訊可以被捕捉(相關文件包括情況介紹、產品資料和其他需要送審的資訊。所有適用的參考文件。該文件工作表可能包含索引到與專案有關的任何階段為基礎的資訊之檔案資訊。文件工作表被用於擷取所需要送審的產品，鏈接到實際批准的契約送審，並鏈接到任何適當的測試檔案)	外部連結
屬性 / Attribute	提供一個機制使許多種類的屬性可以被捕捉。最低的標準是包含設計計畫的標題(附加屬性有名稱、描述、值和單位。參照項目的屬性集。該屬性工作表可能包含特定類型物件的其他資訊。屬性工作表必需被用來擷取不同的資訊。通常，預定和臨時資料應被實際和竣工資訊取代)	屬性表

議題／ Issue	提供一個機制藉由文字描述問題和該項目在該階段所做的決定，使問題資訊可以被捕捉。問題可能涉及 COBie 文件中的單個資產，或附屬於兩個資產的某方面 (可以被記錄的問題和風險，以及相關聯的一個或兩個物件或文件)	紀錄問題
-----------	--	------

2.4 結合 BIM 與設施管理之相關研究

李佳融 [21] 認為 BIM 資訊在傳遞至後端營運維護單位時，會發生責任歸屬不清以及資訊不完整的問題，故從建築設備常見故障之分析與處理方式獲取資訊需求，並將需求通過 COBie 形成資訊交付規範，最終形成資訊交付之架構。其研究證明了以 COBie 為基礎之資訊交付與應用模式能完整結合並應用圖文、數值與 BIM 資訊內容。

蘇郁智 [22] 認為現行作業仍依賴平面圖說與設施清單作為設施維護之依據，難以全面管理各項設施，故藉由 BIM 模型的資訊完整性與視覺化特徵，整合網路技術的即時性及集中性，提出 BIM 技術於設施維護管理之整合方法，開發以 BIM 為基礎的設施維護管理系統。他採用 WindowsForm 結合 Naviswork API 進行開發，共設計了設施維護管理模組、設施狀態視覺化模組、設施定位與資料查閱模組以及設施維護成果報表模組。

李兆平 [23] 認為在建築設施完工後所留下的資訊種類繁雜、數量龐大，資訊蒐集困難，故以 IFC 資訊標準，建立電子化資訊共享模型。以學校修繕作業為例，證明所發展的資訊共享模型可以在營運維護過程中讓不同團隊資訊交換，使得資訊可以重複使用，加快資訊更新速度，提高資訊的正確性與完整性。

李宜謙 [24] 認為大型辦公建築的辦公設備重複性非常高，使得設備維護管理人員在進行設備維護管理作業情形登錄時，相同資訊必須重複填寫，造成不便。為此，利用 BIM 模型使設備維護管理單位於作業進行時從中利用設備之各項參考資料，提高維護作業進行之效率。

簡睿永 [25] 嘗試利用軟體 ARCHIBUS 讀取 BIM 模型資料，探討 BIM 應用於設施管理的可能方式，試圖解決 BIM 所含資訊與設施管理目標是否一致、導入 BIM 模型可能會遇到的問題等。通過 IFC 標準格式導入 BIM 模型到 ARCHIBUS 系統中，並建立消防安全設備預防性維護計劃。

劉以晨 [2] 以案例實作的方式，模擬以 COBie 格式進行資料交付的智慧建築生命流程，從而分析 COBie 應用於智慧建築營建專案之效益，提供了 COBie 於智慧建築生命週期中所產生的資訊與提供資訊者之對應，便於業界應用，從而提高營建專案資訊交付與管理之效率。

Firas Shalabi[26] 利用 BIM 的可視化與互動操作來鏈接能源管理系統、建築物自動化系統與電腦維護管理系統的資料數據，降低維護前對於眾多資料的檢索難度。

Sarel Lavy[27], 通過對三個運用了 COBie 以及 BIM 概念的三個實際案例研究，通過數據蒐集與分析，得出的結論是為了使 COBie 與 BIM 對於設施管理更有效，建議在早期設計與施工階段就採用 BIM 與 COBie。

本研究的主要目的在於以 COBie 資料格式讀取模型非幾何資料，建置 web 化的設施管理平台雛形，證明 COBie 運用於資料庫建置的可行性，並總結 COBie 運用於智慧建築設施管理系統的主要特徵。而根據相關研究的文獻回顧可以發現，由於 COBie 為近年新產生的一種資料格式，所以對於 COBie 的研究較少，雖然李兆平、Firal Shalabi 以 IFC 標準嘗試建立電子化資訊共享模型，但其重點在於維護過程中所產生的資料而非竣工階段產生的資料；李佳融與劉以晨則著重在於 COBie 資料的交付模式而並非與設施管理系統的整合方法；蘇郁智開發的以 BIM 為基礎的設施維護管理系統優點在於 BIM 模型的運用，而非非幾何資料的運用；簡睿永雖然提供了一種 BIM 模型資料導入 ARCHIBUS 系統的一種方式，但其資料映對過程較為手工，且未討論 BIM 模型導入系統的過程；Sarel Lavy 的研究則是以實際已經運用 COBie 的案例來做數據分析，而非利用 COBie 建置系統，與本研究側重點不同。



第三章 智慧建築設施管理系統設計

在智慧建築設施管理系統的設計中，首先需要確立智慧建築設施管理系統的功能模組架構以及應用架構，再經由專家訪談確認系統架構的設計是否恰當並對系統的設計給予建議，進而對設施管理的流程進行分析，並繪製流程圖，通過資料需求分析來進行資料庫的設計，最後由功能需求進行系統開發。

3.1 系統架構

本研究的系統架構主要分為功能模組架構與系統應用架構，分別表達了系統功能範圍以及程式設計邏輯。在建立系統架構之前，根據設施管理需求以及系統未來使用的可能性，本研究將本系統的未來使用者歸納為使用者與管理層兩類，其中使用者包含一般業主、維護人員、設備廠商等，而管理層主要代表設施管理公司決策層或建築物管理部門決策層。由於本研究主要針對交付資料進行系統設計以及開發，不過多涉及後續使用，對於系統的使用者不進行更深層次的分析。

3.1.1 系統功能模組

本研究將以臺灣智慧建築設計規範中的設施管理系統功能要求為基礎，再結合上一章所闡述的一般設施管理的要求與分類，最終可以得出本研究的智慧建築設施管理系統功能模組，如圖 3.1。

1. 資產管理系統：包含兩類，一類是固定資產，主要包括固定的設備以及建築的門窗等資產的購置或報廢管理；一類是不動產標的，也就是設施的產權與租賃管理。這兩個功能模組的建置則是基於設施管理指標中的固定資產管理制度。

2. 設施設備維護管理系統：須具備設備保養、故障、零件、更新與自我診斷管理，五個功能項結合來看也就是在保養與故障之前的自我診斷，保養與故障維護時可能產生的零件庫存管理，保養與故障結束之後可能發生的設備更新。這五項要求則是基於設施管理指標中的維運管理的要求，因保養、更新的前提為設備維護計劃的制定。

3. 設施設備運轉（維運）管理系統：該系統需要存儲設備運轉紀錄與監測紀錄，用來分析設備維護計畫的績效並提供管理者與決策者使用。其包括運轉控制

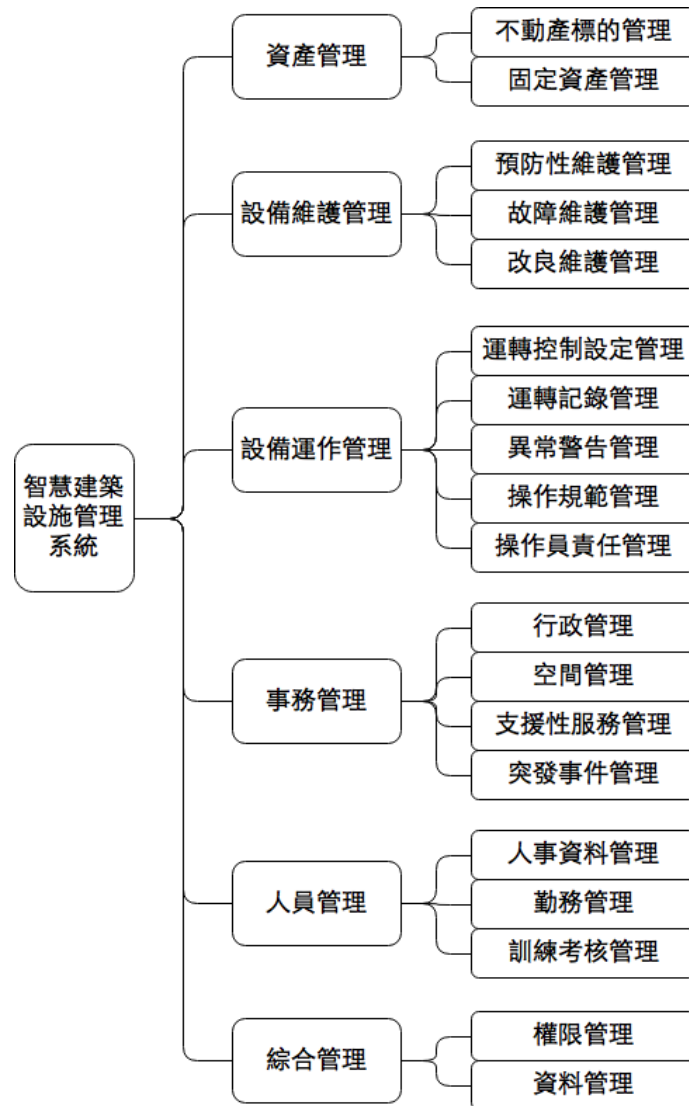


圖 3.1: 智慧建築設施管理系統功能模組
資料來源：本研究整理

設定、運轉記錄、異常警告、操作規範、操作員責任管理等。該系統的建置滿足了設施管理指標中的智慧化自主性作業管理要求。

4. 事務管理系統：主要包括檔案文件等行政事務管理，公共空間與設備的使用管理，還有針對整個設施內使用人員的支援性服務管理，以及突發事件管理。該系統則一方面滿足了一般設施管理系統的需求，例如行政、服務等功能模組，另一方面使用管理功能模組的前提是設施管理指標中的設施設備使用管理規範的制定。

5. 設施管理人員管理系統：針對設施維護人員的人事資料管理、勤務管理、培訓考核管理。該系統則滿足了設施管理指標中的組織管理要求。

6. 綜合資訊管理系統：主要是系統各功能的權限管理和系統使用者的資料管理。該系統的建置則有利於設施管理指標中的效能管理。

3.1.2 系統應用架構

本研究將依據以上六個功能模組分別建置資料庫，再通過處理運算輸出到 WEB 的介面進行操作，系統應用架構如圖 3.2。

本研究之所以採用不同的功能模組建置不同的資料庫，主要原因在於不同功能模組可能產生的資料內容不同，但由於不同資料庫中相同資料內容如何通過串接的方式進行同步更新則不屬於本研究範圍，針對不同的資料庫設計方式不會影響到本研究的主要內容，故本研究採用以上系統應用架構。

3.2 專家訪談

在系統架構確立之後，本研究通過對專家訪談確認本研究所設計的系統架構是否合理。並由於智慧建築設施管理較為偏重實務性，有許多資料不容易獲取，希望通過專家訪談瞭解後續系統設計的重點以及內容。

本研究的主體對象為智慧建築，而智慧建築的設施管理又比一般建築複雜許多，所以訪談的對象均為兼具智慧建築和設施管理理念的專家。以下為專家背景：

1. 嚴 OO：智慧建築評估手冊 2016 年版設施管理指標撰寫委員、台灣物業設施管理協會秘書長。

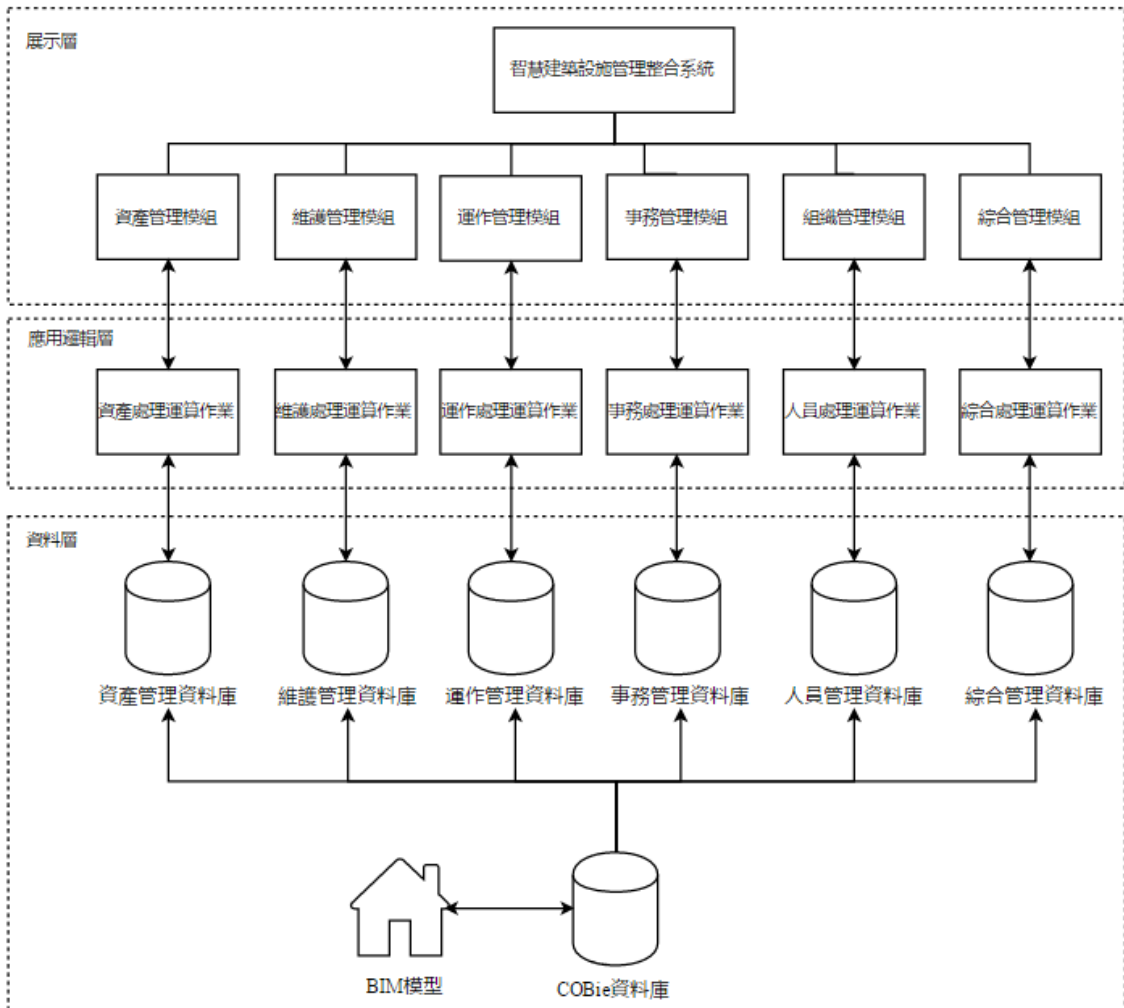


圖 3.2: 智慧建築設施管理系統應用架構
資料來源：本研究整理

2. 陳 OO：智慧建築評估手冊 2016 年版編審小組成員、OOO 建築師事務所負責人。

3. 林 OO：中國科技大學 BIM 產學研發中心講師、OO 智能工程有限公司技術總監。

經過整理，專家的觀點主要可以分為三點：

1. 前文設計的系統功能模組基本符合智慧建築設施管理要求，大部分功能都有涉及。但系統應用架構中，不同的資料庫之間應會有資料的串接，並不完全獨立。

2. 現有設施管理上普遍還是依照傳統的作業方式，而且在建置設施管理系統時需要消耗大量的人力與財力去整理資料以及分類資料，同時人工建立資料庫的方式也常常使得管理人員無從下手。而就目前台灣業界而言，設計施工與運營都是分開的，即使智慧建築也存在資料斷層的問題。所以 COBie 資料是否能真的帶出全部的資料並對資料的分類是否有益有研究的意義。

3. BIM 與設施管理系統的結合關鍵在於模型的運用以及資料的彙集，尋找到 BIM 模型與設施管理系統的結合方式是目前十分重要的議題。

4. 利用 BIM 模型於設施管理的關鍵可從設備的空間關係入手，如何利用模型的 3D 視覺化也是目前 BIM 與設施管理結合的重要議題。

5. 對於本研究的建議是以三個主要板塊切入，資產、維護與空間，而作業流程也只需要針對必要且無差異的流程進行即可。對於資產以及維護而言，需要管理的資料有例如規格、維修項目、週期、檢查項目、技術規範、編碼等，而對於空間而言重要的是定義，只有了解了空間的使用目的時才能在變更空間時不出現錯誤。

雖然專家對於本研究的系統應用架構有提出一些建議，但由於資料串接屬於更加技術性的內容，不屬於本研究的研究範圍，故在本研究中不予考慮。而專家所提出的 COBie 格式能否將所需資料傳遞給設施管理系統則是本研究的主要研究內容，表明本研究可增進智慧建築設施管理系統之應用。至於利用模型的 3D 視覺化功能偏重資訊技術，本研究僅證明利用 COBie 格式產出的資料可鏈接至 BIM 模型，但 BIM 模型的視覺化展示不屬於本研究的研究範圍。最後結合專家的建議，並以竣工階段可交付的資料內容而言，以下將從智慧建築設施管理系統架構



中選擇固定資產管理、預防性維護管理以及空間管理三個功能模組進行系統的設計，這三個功能模組的主要內容即滿足了設施管理系統的基本需求，並且可以最大化利用竣工階段可交付的資料。

3.3 系統流程分析

在確立了本研究主要的研究內容僅限於固定資產管理、預防性維護管理以及空間管理三個功能模組之後，首先要通過文獻的閱讀以及對設施管理公司的一些教育手冊分析，整理並歸納這三個管理模組的管理流程，並分析管理流程中可能產生的資料表單，並繪製流程圖。

3.3.1 固定資產管理流程分析

建築物的附屬設備是屬於所有權人的資產，依設施服務機能的不同而種類繁多，使用操作、維護等亦因不同廠牌、規格或技術等不同，故將設備進行有系統的資產管理，是掌握設施使用管理的前提 [28]。固定資產管理流程分為購置、分類、編號、登錄、建檔、報廢等，如圖 3.3。



圖 3.3: 設備資產管理作業流程 [28]

一、購置

資產的購置通常可分為兩種情況，一是為了改善建築服務需求而新增，二是原有資產的更新換代。購置的流程又分為申請、核決、招標議價、驗收，如圖 3.4。

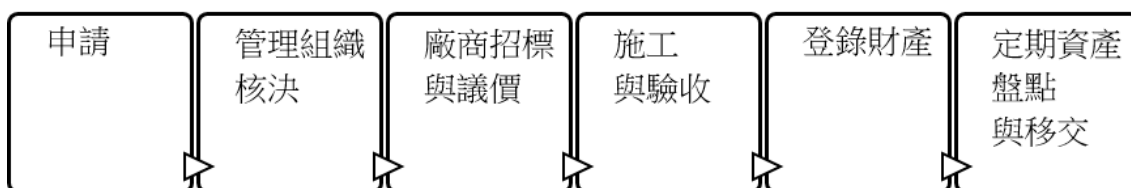
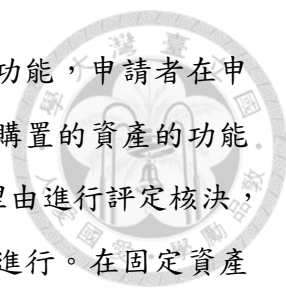


圖 3.4: 設備購置作業流程 [28]



參考智慧建築標章申請示範案例中所描述的固定資產管理功能，申請者在申請購置資產時一般需填寫資產申購單，其主要目的是表達所需購置的資產的功能和用途。申購之後，管理組織根據所編列的年度預算以及申購理由進行評定核決，通過後進行招標與議價，而招標與議價的過程則依據法律法規進行。在固定資產購置後會進行設備安裝與驗收。對於一些大型或重要設備，驗收與移交的品質十分重要。在驗收過程中，設備廠商需準備與設備相關的所有文件，例如設計圖、出廠證明、操作說明書、保固書等，在與業主進行驗收移交會議時確定驗收移交流程與方式，由業主授權的機電公司與設備廠商進行驗收、試車等，最後進行紀錄並歸檔所有資料文件。

二、分類與編號

設施設備分類的目的有助於應對不同屬性設施進行不同的規劃與管理工作，分類與編號常常會根據業主需求訂定規則。例如分類的方法有以法規規定分類，以使用性質分類，以附屬型態分類，以運作機能分類，以技術標準分類。而編號則是根據分類的方式對資產進行系統的編號管理，而編號的方式可隨建築物而定，也可直接採用行政院主計處訂定的「財務標準分類」來進行編號。在分類與編號過程中需要參考各建築物擬定的分類標準以及編號規則。

三、登錄、建檔

資產的登錄則需要填寫資產來源並建立資產清冊。清冊的建立有助於在資產管理過程中發生增減時作為參考資料，用以核決資產處理結果；在定期固定資產盤點時，該表單所包含的信息可以輔助盤點的進行。而在資產登錄時除了將資產已確認的名稱、分類、編號等基本信息登錄於資產清冊中，還需要指定保管人以及保管空間，其中保管人應負責該資產的損害及賠償責任，若保管人移動，該清冊也需進行移交動作。同時相關的資產購置信息也需要登錄，例如製造商與保固廠商的具體資料等，所以資產清冊不僅包括資產，還需要有廠商清冊、系統清冊等與資產的運作管理相關的資料。

而建檔即將設備相關的資料進行分類存儲，這時的分類依據則是各建築所制定的相應的規章制度，要保證所有的資料都能系統化分類，以便查詢。在此階段需要分類歸檔的檔案資料包括資產配置圖、廠商資料表、保固書、規格書、說明書或操作手冊、設備維修保養合約、資產使用管理辦法等。

四、報廢

首先需要確認的是，資產的報廢並不包括房舍、建物以及消耗品類物件，僅針對財產清冊內建立的資產。資產報廢的情況有以下三種：1. 可正常使用但其使用時間已達原財產登錄所定年限，2. 未達使用年限經正常使用已不堪使用，3. 未達年限因人為不當導致不堪使用。

參考智慧建築標章申請示範案例中所描述的固定資產管理功能，當達到上述所提及的報廢條件時，使用者會提出報廢申請，需填寫資產處理請示單，描述需要處理的資產以及處理的原因，之後交由管理單位決核，管理單位此時需要參考資產原始的基本資料，例如使用年限，以及維護紀錄，以證實該資產確實符合報廢標準，評估是否可作他用，再判定處理結果，並記錄於固定資產報廢單，最後進行報廢。

根據以上固定資產管理的流程與所需表單，本研究以 BPMN(Business Process Model and Notation) 方法整理繪製固定資產管理流程圖 3.5。

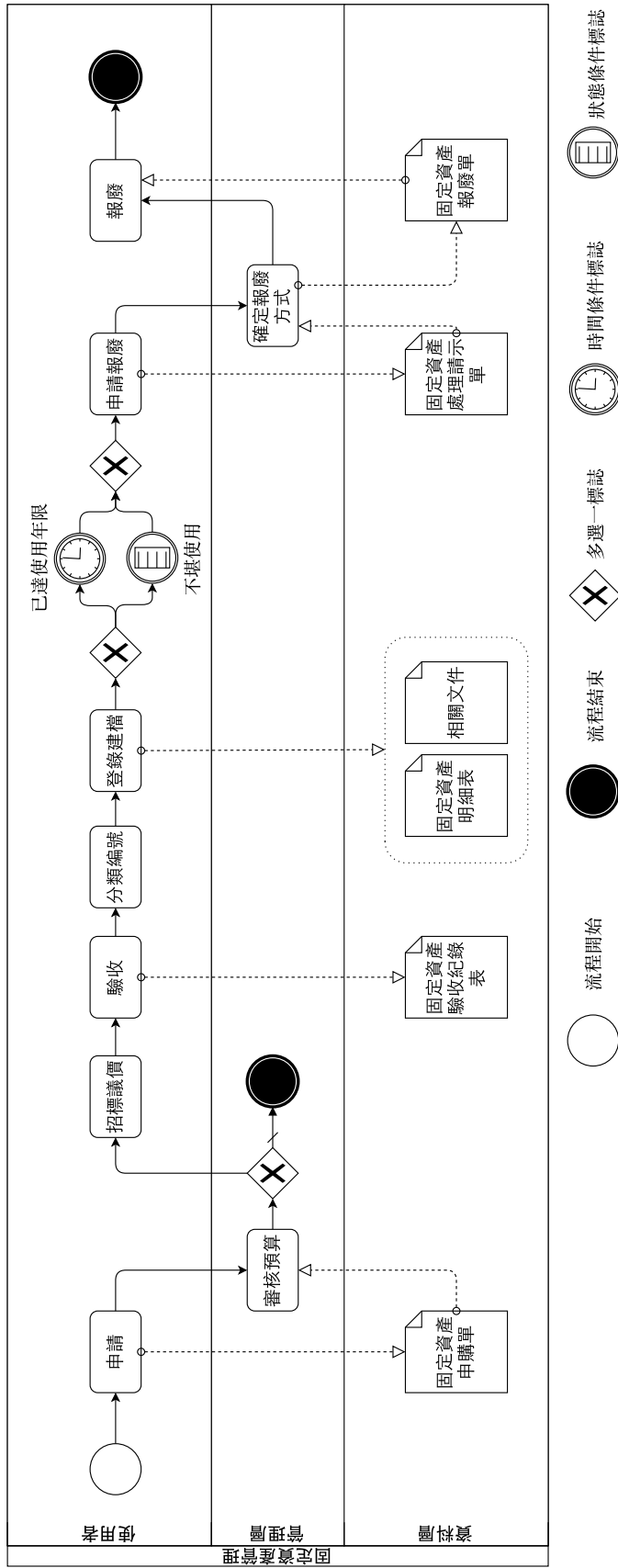


圖 3.5: 固定資產管理流程圖
資料來源：本研究整理





3.3.2 預防性維護管理流程分析

預防性維護須具有設備保養週期，設備保養程序，設備保養方法以及紀錄，設備保養期限提示，設備更新期限提示這幾項功能 [29]。針對一般的智慧辦公建築設備維護管理流程，其包含以下幾個步驟 [7]：

1. 設備管理計畫，即擬訂運轉及檢查計畫並編列預算

2. 運作，即監視設備之運作情形

3. 檢查，又分為依相關法令規定實施之法定檢查，以感官感覺檢查為主的日常檢查，週期性檢查各項設備磨損與老化現象的定期檢查，以及分解設備機器以檢查內部狀態的細部檢查

4. 診斷，即判斷檢查之結果，決定處理方法

5. 保養，即進行調整、護理、清掃等物理性、機能性等小修理

6. 維修，意指以預防故障及恢復性能為目的，並非保養

7. 紀錄，紀錄所有的維修活動，作為日後之參考

而將步驟中與預防性維護有關的內容提煉出來則可分為預防性維護計畫、根據計畫執行定期檢查與保養，根據檢查結果診斷，判斷是否需要修繕，最後記錄。

一、計畫與執行

針對智慧建築的各項設備建立完善的維護計畫可以節省能源以及預防保養機能，大幅降低建築物的生命週期成本。而一般計畫的訂定會根據設備以及計畫週期不同而產生不同，例如部分計畫會按照同類型的設備而作統一的檢查與保養，而有些則會針對系統而設置；而針對一些大型設備，其計畫週期可能更多的會是年或者季度，但針對常開設備則其計畫週期往往是每日或每週等，而週期超過一年則屬於長期維護計畫。

雖然計畫的分類會依據不同的建築以及設備會有不同，但預防性維護計畫通常都會包含預防性維護項目、維護週期、維護步驟這幾個基本項，而計畫的建置過程常常會由設備廠商、設計人員與管理單位協商產生。由於對於智慧建築而言，訂定計畫十分重要，故在「台灣智慧建築標章」中有提到，如若想要申請智慧建築候選證書，則需要在設計階段結束的時候就提交各項計畫。

而計畫的執行根據上述維護流程可知，包括日常檢查、定期檢查與定期保



養。而定期檢查與保養會依照由計畫產出的檢查保養表中所規定的方式進行，由於檢查保養的過程可能還會需要一些工具作為輔助，故在檢查保養表中還需要註明所需工具等，結束之後記錄本次執行過程。

二、診斷、維修以及記錄

如果檢查結果並沒有達到要求，則通過參考設備維護說明等基礎資料，進行判斷是否需要進行進一步的修繕。修繕的過程可能會發生零備件的更新等，此時需要根據零備件的庫存申請領用，申請的目的是為了方便零備件數量及用途的管理。如果保養、修繕之後仍然無法達到要求或效益時，會進行更新，即改良維護，不屬於預防性維護。最後在修繕完成後需填寫維護紀錄，至此預防性維護完成。

根據以上預防性維護管理的流程與需求，本研究以 BPMN 方法整理繪製預防性維護管理的流程圖 3.6。

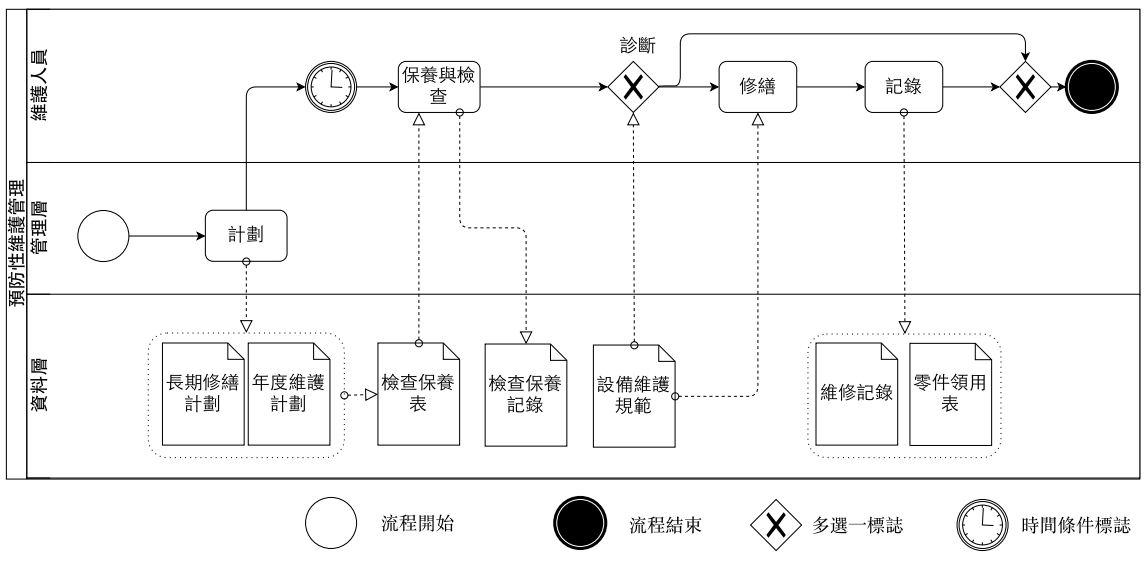


圖 3.6: 預防性維護管理流程圖
資料來源：本研究整理

3.3.3 空間管理流程分析

空間管理包含了一般空間的用途定義以及公共空間的使用管理，其需要具備使用對象、申請、計費、紀錄等功能，還需要提供使用規範設定、預約使用登記、使用狀況統計等增值功能 [29]。

一般空間的管理作業流程只有基本資料建立以及空間變更，基本資料即空間名稱、用途定義等基本資料。公共空間的使用管理作業流程則包括基本資料建

立、使用申請、使用、歸檔 [28]。在基本資料建立時，需要訂定空間使用規定，其中包括了使用條件、開放時間、收費標準等規定。使用申請則是針對使用規定中有提及需要提前申請的空間，提交使用時間以及用途用以申請。而在使用的同時，使用者需遵循使用管理規定，並且在使用結束後紀錄。而經過長期的積累，還可以根據使用記錄進行使用狀況統計，用以評估空間使用效率等。

根據以上空間管理的流程與需求，本研究以 BPMN 方法整理繪製空間管理的流程圖 3.7。

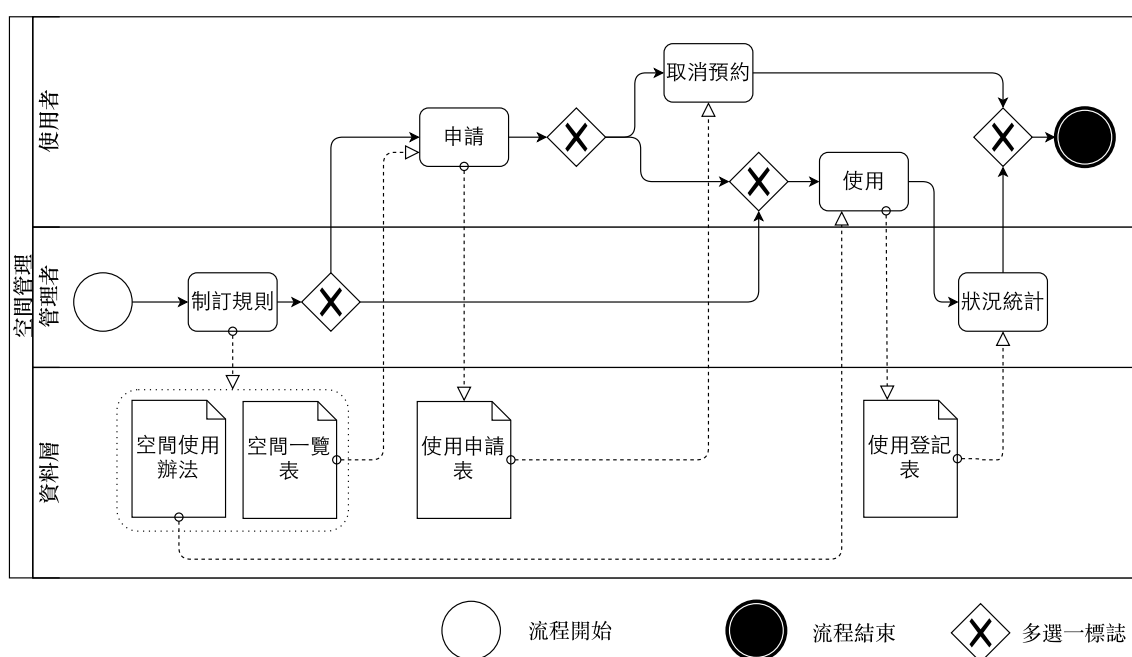


圖 3.7: 空間管理流程圖
 資料來源：本研究整理

3.4 資料庫設計

根據系統應用架構圖 3.2 可知，本研究依模組不同而設計不同的資料庫，故以下將分別介紹資產管理資料庫、維護管理資料庫以及事務管理資料庫的建置過程。本研究所採用的資料庫設計的方法為先根據實際的設施管理資料進行需求分析，並再通過實體關係模型以及資料庫的正規化步驟來建立最終的智慧建築設施管理資料庫。



3.4.1 資料庫設計方法

本研究將採用關聯式資料庫做進行資料庫的設計，以下將介紹設計關聯式資料庫的基本方法，實體關係模型以及資料庫正規化。

實體關係模型

實體-關係模型 (Entity-Relationship Model, 簡稱 E-R Model) 是陳品山博士 [30] 於 1976 年提出的一套資料庫設計工具，其運用真實世界中事物和關係的觀念來解釋資料庫中抽象的資料架構，利用實體-關係模型設計資料庫時，並不會牽涉到資料庫的操作與儲存方式。

E-R Model 主要由實體 (Entity)、關係 (Relationship) 及屬性 (Attribute) 組成，圖 3.8 為各元素代表圖形。

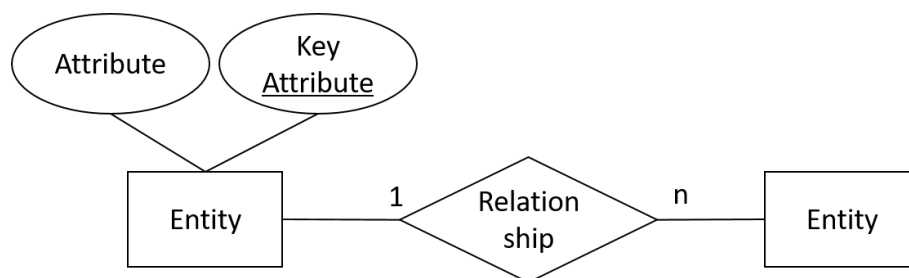


圖 3.8: E-R Model 基本元素

資料來源：本研究繪製

實體用以描述真實世界的物件，或是邏輯抽象的概念，具有名詞性；實體與實體之間必須透過關係才能產生聯繫；實體是由若干屬性所組成，每個屬性都代表實體的一種性質，在實體的所有屬性中，若由一個屬性能唯一識別該實體集合中的實例，則稱為鍵屬性，另外屬性還分為複合屬性和多值屬性等等。關係兩邊的數字代表關係的基數性，表示實體所能參與關係的案例數，而實體模型的關係一共有四種，一對多、多對一、多對多、一對一，而這四種關係在將實體關係模型轉換為關聯式資料庫時會略有不同。由於 E-R Model 是利用圖形化的表示法，比較容易理解，可視為設計這與使用這溝通的工具和橋梁，故本研究在需求彙集後將採用 E-R Model 來設計資料庫初步結構。

在 E-R Model 繪製完成後需要將其轉換成關聯式資料庫，而將 E-R Model 轉換成資料表的規則有以下四項：



1. 每一個實體的名稱轉換為資料表的名稱；
2. 每一個實體的屬性名稱轉換為該表的欄位名稱；
3. 每一個實體的鍵屬性轉換為主鍵欄位；
4. 如果鍵屬性為複合屬性，則複合屬性的所有欄位都是主索引欄位。

將所有實體與屬性都轉為資料表之後，則需要建立資料表之間的關聯，根據四種不同的關係轉換方式略有不同：

1. 如果實體 1 與實體 2 是一對一的關係，則可以將實體 2 資料表的主鍵嵌入實體 1 資料表中，成為外鍵，因為是一對一的原因，相反亦可；
2. 如果實體 1 與實體 2 是一對多的關係，則可以將實體 1 資料表的主鍵嵌入實體 2 資料表中，成為外鍵，如果是多對一的關係則相反；
3. 如果實體 1 與實體 2 是多對多，則需要另外新增一個關係資料表，而 R 資料表的主鍵欄位怎是有實體 1 資料表的主鍵與實體 2 資料表的主鍵所組成，而這兩個主鍵同時也是關係資料表的外鍵。

資料庫正規化

但是由 E-R Model 轉換成的關聯式資料庫還不完全符合要求，所以還需要進行正規化。資料庫的正規化可分為 1NF (Normal Form)、2NF、3NF、BCNF (Boyce-Codd Normal Form) 等幾個階段 [31]。

第一階正規化要求：資料表中有主鍵，其他所有欄位都相依於主鍵；每個欄位中都只有儲存單一值；資料表中沒有意義相同的多個欄位。

第二階正規化要求：各欄位與主鍵之間沒有部分相依的關係。

第三階正規化要求：各欄位與主鍵之間沒有間接相依的關係。

Boyce-Codd 正規化要求：主鍵中的各欄位不可以相依於其他非主鍵的欄位。

3.4.2 固定資產管理資料庫設計

一、資料需求分析

在上一節中，針對不同的功能模組會產生不同的資料表單，而這些表單中具體需要的資料就是系統資料庫所需建置的內容。如圖 3.5，在固定資產管理中，需要的表單與資料有資產申購單、驗收記錄表、資產明細表、相關文件、資產處理

請示單、資產報廢表等。固定資產管理中，最為重要也是基礎的即資產明細表（圖 3.9）。除了範例中提及的購入日期、財產編號、品名、規格、數量、單位、採購人、保管人以外，還有與設備來源與保固有關係的製造商、保固廠商、保固期、使用年限等。再根據實際資產明細表的編列情況，不會將所有設備全部列於一張清冊中，故還需要加入分類。

序號	購入日期	財產編號	品名	規格	數量	採購人	保管人	異動情形

圖 3.9: 資產清冊範例
[28]

而固定資產中的其他表單與資料可能會根據業主的需求而致使內容不同，故本研究參考智慧建築標章示範案例，從最基本的需求著手，為每一張表單添置欄位，最終的資料內容如表 3.1。

表 3.1: 固定資產管理資料內容
資料來源：本研究整理

表單名稱	包含欄位
固定資產申購單	申購單編號、資產類型、採購原因、申購人、所需數量、申購日期
固定資產驗收紀錄表	紀錄表編號、資產名稱、財產編號、保管位置、類型、產地、製造商、測試報告、驗收負責人、安裝日期
固定資產明細表	資產名稱、財產編號、資產類型、數量、製造商、安裝日期、預期使用年限、保管位置、保管人、保固期、保管人、用途、規格、價格、採購人
文件	竣工圖、出廠證明、測試報告、操作說明書、保固合約、教育訓練相關資料
固定資產處理請示單	請示單編號、資產名稱、財產編號、數量、位置、使用年限、保管人、報廢理由、填單日期
固定資產報廢表	報廢表編號、資產名稱、財產編號、數量、價格、安裝日期、報廢時間、報廢方式、保管人、報廢人

二、利用實體關係模型進行初步設計

以實體關聯模型的角度來看固定資產管理的整個流程可知，管理人員對資產進行了一些管理動作，例如申購、驗收、報廢，管理過程中需要用表單進行記錄，還涉及到一些文件的提交與讀取，所以總結得知這其中的實體集合有管理人員、

申購單、驗收表、處理請示表、報廢表以及文件。在繪製得出實體關聯模型（圖 3.10）之後，按照實體之間的關係可轉制為關聯式資料庫（圖 3.11），再進行正規化。



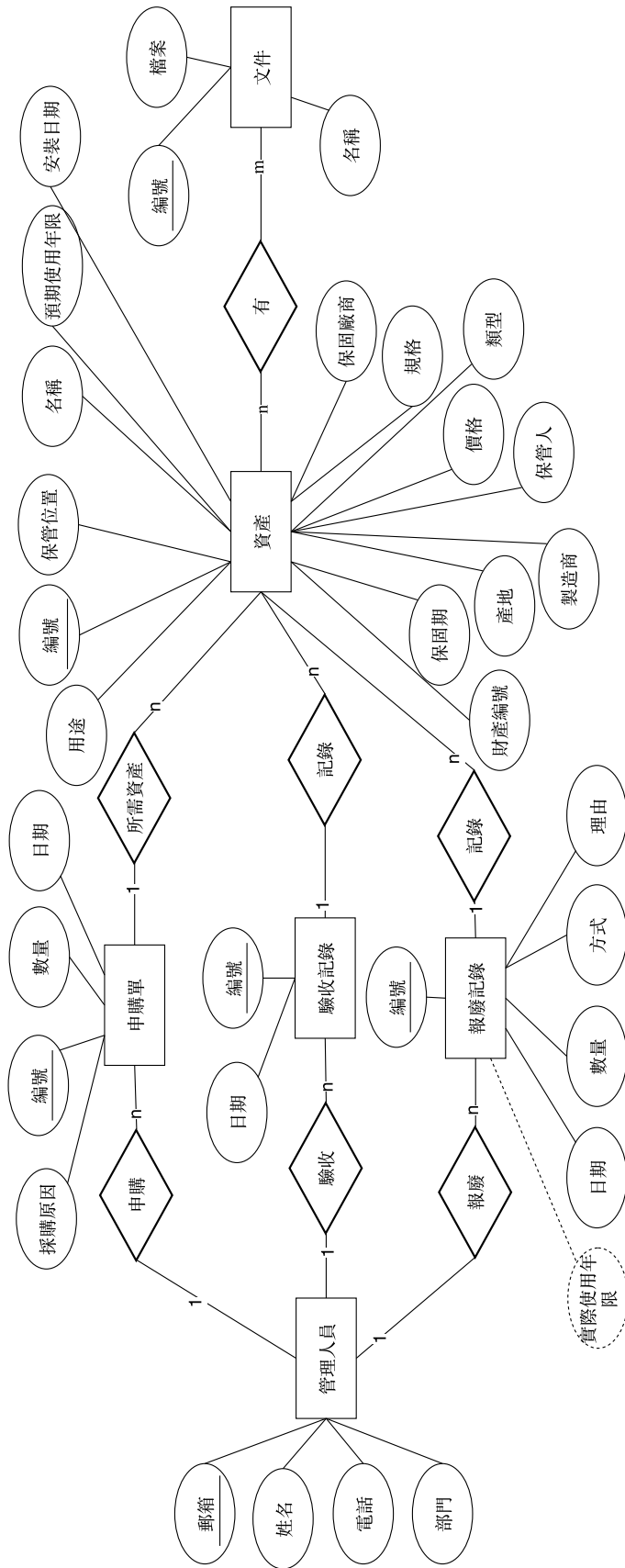


圖 3.10: 固定資產管理實體－關係模型
資料來源：本研究整理

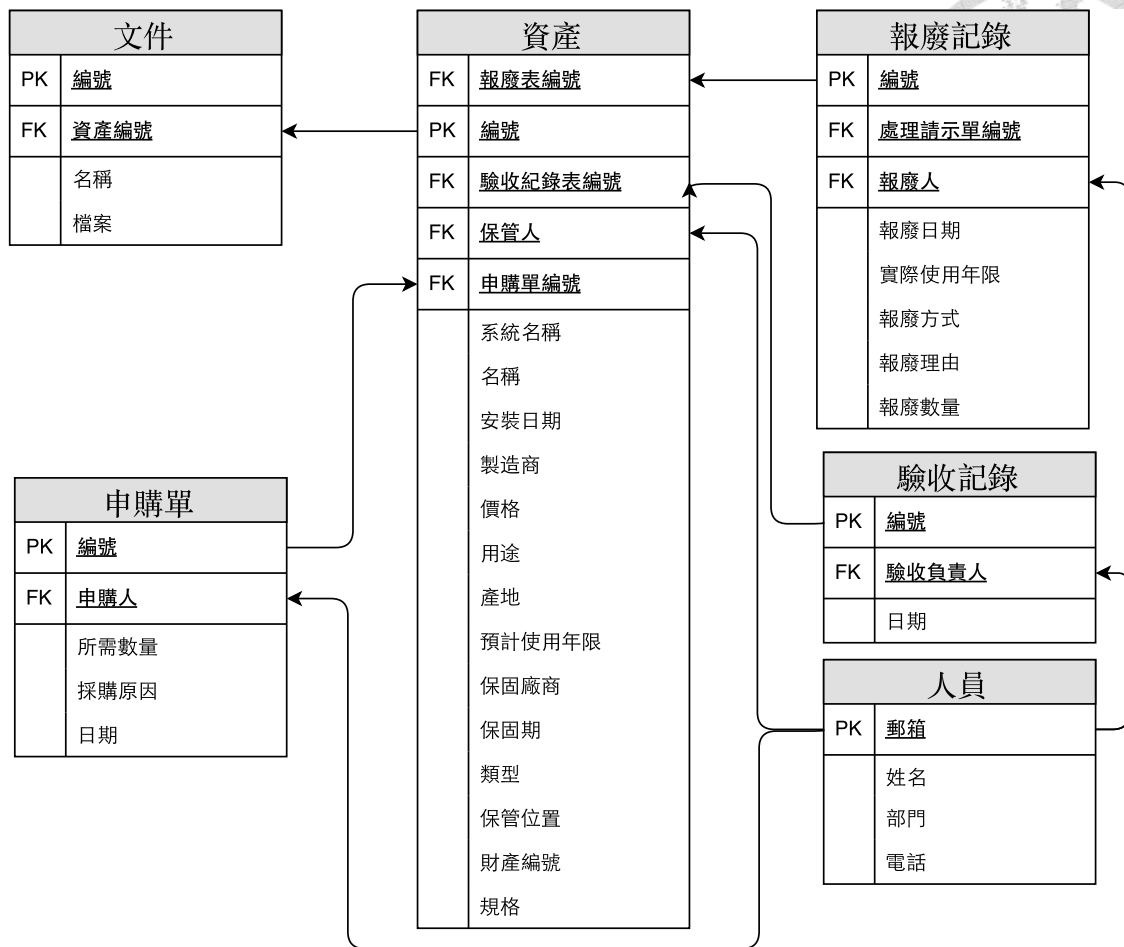


圖 3.11: 固定資產管理關聯式資料庫雛形
資料來源：本研究整理

三、資料正規化

以資產資料表為例進行正規化，在第一階正規化中可以發現，例如保固期存在組合屬性，應該分為保固期與保固期單位（圖 3.12）；在第二階正規化中，並沒有屬性是與主鍵財產編號是部分相依的，但有許多事間接相依，所以需要進行第三階正規化，將資產資料表可以拆分為資產、空間、類型、系統、製造商、保固廠商六個資料表（圖 3.13）；因為目前所有資料表的主鍵都不是複合主鍵，所以不需要進行 Boyce-Codd 正規化。

經過正規化之後的資料表基本就是最終的資料庫架構，然而在我們的系統中，為了與 BIM 模型結合，還需要在資產、類型、系統和空間中加入模型編號欄位作為連接欄位，最終轉換的資料表如圖 3.14。



資產													
編號	系統名稱	名稱	安裝日期	製造商	價格	用途	產地	預計使用年限	保固廠商	保固期	類型	保管位置	規格



資產																								
編號	系統名稱	系統類別	名稱	安裝日期	製造商	製造商聯絡人	製造商地址	製造商電話	價格	價格單位	用途	產地	預計使用年限	保固廠商	保固廠商聯絡人	保固廠商地址	保固廠商電話	保固期	保固期單位	型號	品類	保管樓層	保管空間	規格

圖 3.12: 第一階正規化範例
資料來源：本研究整理

資產																								
編號	系統名稱	系統類別	名稱	安裝日期	製造商	製造商聯絡人	製造商地址	製造商電話	價格	價格單位	用途	產地	預計使用年限	保固廠商	保固廠商聯絡人	保固廠商地址	保固廠商電話	保固期	保固期單位	型號	品類	保管樓層	保管空間	規格



資產					系統			空間									
編號	安裝日期	空間編號	型號	系統編號	系統編號	名稱	類別	空間編號	名稱	樓層							
類型											製造商						
型號	名稱	價格	價格單位	用途	產地	預計使用年限	保固期	保固期單位	品類	規格	製造商	保固廠商	編號	名稱	聯絡人	地址	電話
											保固廠商						
											編號	名稱	聯絡人	地址	電話		

圖 3.13: 第三階正規化範例
資料來源：本研究整理

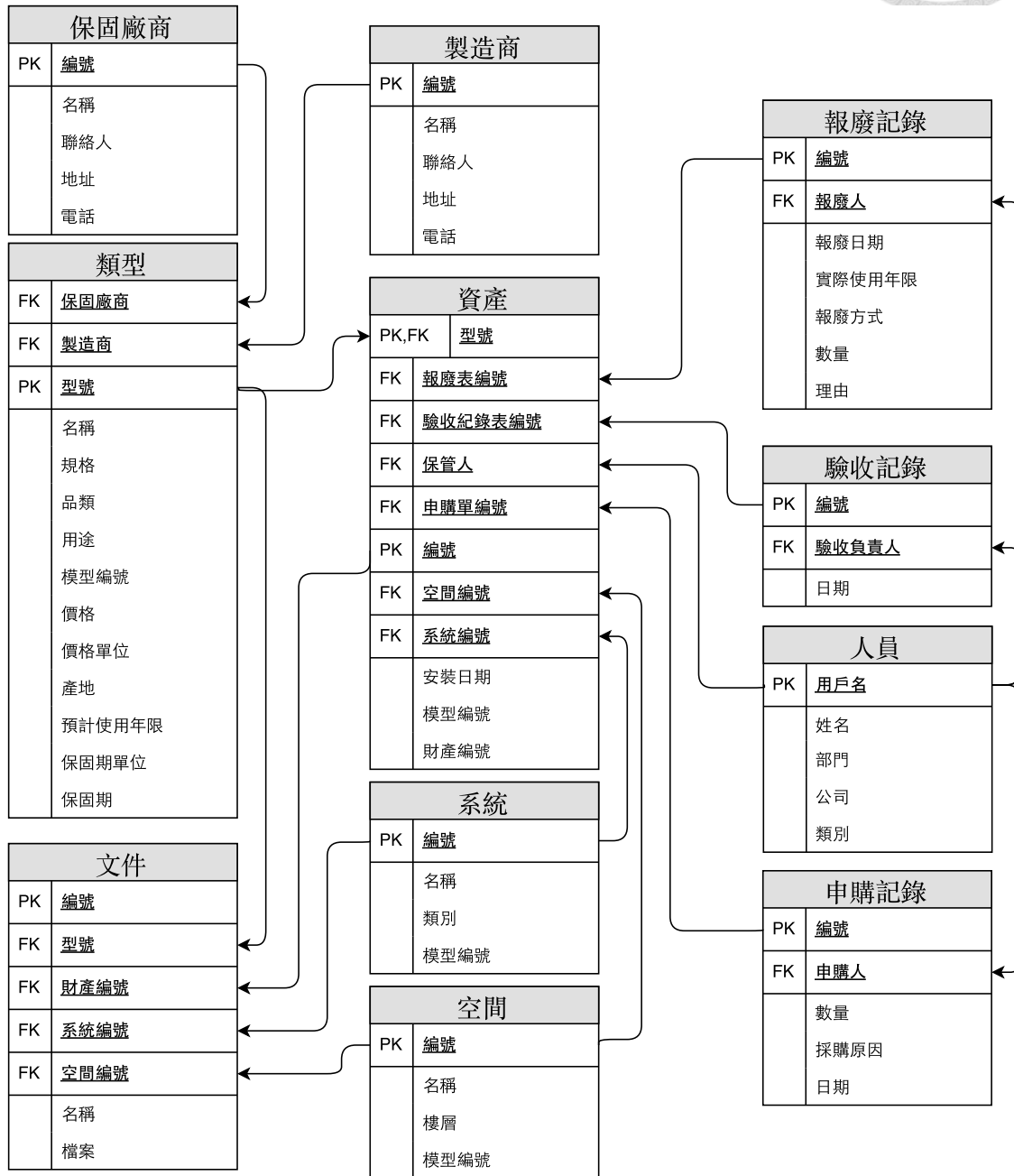


圖 3.14: 固定資產管理關聯式資料庫架構
資料來源：本研究整理



3.4.3 預防性維護管理資料庫設計

如圖 3.6，在預防性維護管理中，需要的表單與資料有維護計劃、檢查保養表與記錄、設備維護規範、零件領用表、維修記錄等。在預防性維護管理中，最開始需要確定的就是預防性維護計劃（圖 3.15），而計劃的確定也是後續的維護保養的基礎。由範例可知，計劃的內容需要包括計劃項目、設備類型或系統、計劃週期以及計劃執行的月或日期，即計劃開始日期。

年 1月	年 2月	年 3月	年 4月
1. 各項設備檔案之建立 2. 維護基準之建立 3. 各項設備之測試檢查 4. 變壓器清潔保養 5. 設備絕緣電阻測試 6. 各消防泵、水泵檢查 7. 給排水設備檢查 8. 本月工作檢討及下月工作排定 9. 匯流排檢查	1. 消防設備檢查、清點及感知器測試 2. 廣播系統設備檢查及測試 3. 動力照明分路負載測試 4. 受電盤清潔保養 5. 發電機所有系統檢查 6. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 緊急照明燈放電測試 2. 消防排煙系統測試 3. 設備加油 4. 各車道鐵捲門檢查 5. 本月工作檢討及下月工作排定 6. 游泳池水泵設備檢查	1. 照明動力分路負載測試 2. 避雷針、航空燈設備及支體檢查測試 3. 設備絕緣電阻測試 4. 給排水設備檢查 5. 發電機加載測試 6. 本月工作檢討及下月工作排定
年 5月	年 6月	年 7月	年 8月
1. 低壓設備測試及清潔保養 2. 消防設備檢查、清點 3. 受信總機系統測試 4. 發電機無載測試 5. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 消防設備檢查及感知器測試 2. 匯流排檢查 3. 變壓器清潔保養 4. 滅火器壓力檢查 5. 風車設備檢查測試 6. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 緊急照明燈放電測試 2. 設備絕緣電阻測試 3. 受電盤清潔保養 4. 消防排煙系統測試 5. 各消防泵、水泵檢查 6. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 鐵捲門設備檢查 2. 設備加黃油 3. 變壓器清潔保養 4. 受信總機系統測試 5. CCTV 系統線路測試 6. 發電機無載/加(有)載測試 7. 本月工作檢討及下月工作排定
年 9月	年 10月	年 11月	年 12月
1. 消防設備檢查及感知器測試 2. 發電機所有系統設備檢查 3. 避雷針、航空燈設備檢查 4. 設備絕緣電阻測試 5. 風車設備檢查測試 6. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 照明動力分路負載測試 2. 匯流排檢查 3. 設備絕緣電阻測試 4. 各消防泵、水泵檢查 5. 發電機加載測試 6. CCTV 系統線路測試 7. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 低壓設備測試及清潔保養 2. 消防設備檢查、清點 3. 受信總機、廣播系統測試 4. 發電機無載測試 5. 鐵捲門檢查 6. 本月工作檢討及下月工作排定	1. 風車設備檢查測試 2. 緊急照明燈檢查測試 3. 滅火器壓力檢查 4. 消防排煙系統測試 5. 設備加黃油 6. 發電機電瓶檢查 7. 本月工作檢討及下月工作排定
每日工作		每週工作	注意事項
<input type="checkbox"/> 工作日誌 <input type="checkbox"/> 各層空調冷卻水塔開關記錄 <input type="checkbox"/> 用水統計 <input type="checkbox"/> 用電統計 <input type="checkbox"/> 每日檢查工作報表		<input type="checkbox"/> 發電機無載測試 (週六) <input type="checkbox"/> 雙週檢查公共區域照明 <input type="checkbox"/> 報表呈送大廈管理委員會 (週一) <input type="checkbox"/> 能源統計分析資料	

圖 3.15: 設備維護定期保養年度計畫表範例
資料來源：東京都公司企劃書

而計劃的執行則通常是由計劃項目產出的具體的檢查保養步驟（圖 3.16），而這些步驟或措施也應在計劃制定時就確定，所以實際上的預防性維護計劃還需要

包括具體維護步驟。



空氣調節及排煙設備維護保養工作項目週期表

系 統	設 備	維護保養項目	維護保養措施	時 間	已實施打√	備註
動力系統	動力馬達	1. 軸承及傳動皮帶。 2. 繞組線圈。	1. 調整、潤滑。	兩週		
			2. 皮帶檢視。	兩週		
			3. 絕緣測試。	半年		
			4. 故障排除修理	隨時		
壓縮系統	壓縮機	1. 潤滑及油壓檢查。 2. 軸承。 3. 油過濾器(網)。	1. 調整、潤滑 (SAE 30.40 機油)。	兩週		
			2. 冷凍油, 冷媒充加。	隨時		
			3. 乾燥劑更換。	隨時		
			4. 儀表、管道檢漏銀焊。	隨時		
			5. 故障排除修理。	隨時		
			6. 校準調整及清潔。	隨時		
冷凍循環、冷卻及送風系統	1. 凝結器 2. 蒸發器 3. 冷卻水塔 4. 管路 5. 通風機 6. 送風機	1. 凝結器檢視。 2. 蒸發器檢視。 3. 儲液器。 4. 冷媒管路。 5. 通風機送風機。 6. 冷卻水塔。 7. 出風及回風口。 8. 水管。 9. 風管。	1. 調整、潤滑 (SAE 30.40 機油)。	兩週		
			2. 進出水溫檢查。	隨時		
			3. 檢漏焊補 (銀焊)。	隨時		
			4. 絕緣測試。	半年		
			5. 故障排除修理。	隨時		
			6. 濾網清洗或更換。	兩週		
			7. 冷卻水塔、馬達水幫浦檢查保養。	兩週		
			8. 管路滲漏檢。	兩週		
			9. Damper 之操作復原及設備清潔。	隨時		
			10. 辦公室內天花板出、回風口清潔。	半年		

圖 3.16: 定期檢查保養表範例 [28]

根據功能設置與實際需求可整理出預防性維護管理的資料內容，如表 3.2。

現將上述需求轉換為實體關聯模型，再將模型轉換為關聯式資料庫，並進行正規化，最終轉換的資料表如圖 3.17。因轉換過程與固定資產管理類似，在此不再贅述。

表 3.2: 預防性維護管理資料內容
資料來源：本研究整理

表單名稱	包含欄位
長期/年度維護計劃	系統名稱、安裝位置、設備名稱、計畫項目、計畫周期、計畫開始時間、制定人
檢查保養表及記錄	表單編號、系統名稱、設備名稱、設備位置、檢查保養項目、預定檢查日期、檢查保養措施、檢驗維護工具清單、檢查保養人員、檢查保養日期
零件領用表	領用表編號、設備類型、零件名稱、用途、領用數量、領取人、日期
維修記錄	設備名稱、維修項目、處理經過、維修工時、維修費用、維修人員、保管人、記錄日期

3.4.4 空間管理資料庫設計

如圖 3.7，在空間管理中，需要的表單與資料有空間一覽表、使用申請表、使用登記表等。空間管理的主要目的是在於訂定空間定義，制定公共空間使用規範，所以在空間管理中比較重要的是空間一覽表（圖 3.18）的內容，在一覽表的基礎上才會進行管理、申請、使用等。而一覽表的主要內容包括空間名稱、是否需要提前申請、位置即樓層、主要使用設備、開放時間、聯絡電話、人數限制、使用費用、使用管理辦法、管理員。

日期： 年 月 日

名稱	管理區分	位置	主要使用設備	開放時間	聯絡電話	人數限制	使用費用	使用管理辦法	管理員

備註：公共設施管理區分代號：A: 事前申請（平日不開放）
B: 不用申請（平日開放），需事前登記（有人數限制）
C: 不用申請（平日開放），需現場登記（無人數限制）
核閱： 審查： 承辦人

圖 3.18: 空間一覽表範例
[28]

根據功能設置與實際需求可整理出空間管理的資料內容，如表 3.3。

現將上述需求轉換為實體關聯模型，再將模型轉換為關聯式資料庫，並進行正規化，最終轉換的資料表如圖 3.19。因轉換過程與固定資產管理類似，在此不



表 3.3: 空間管理資料內容
資料來源：本研究整理

表單名稱	包含欄位
空間一覽表	空間名稱、空間樓層、區域、主要設備、開放時間、人數限制、收費標準、使用辦法、管理員
空間使用申請表	申請表編號、空間名稱、預約時間、用途、所需設備、使用人數、申請人姓名、申請人電話、申請人id、申請人部門 / 地址
空間使用登記表	登記表編號、空間名稱、管理員、使用日期、使用者姓名、使用者id、使用者地址 / 部門、使用者電話、使用時間

再贅述。

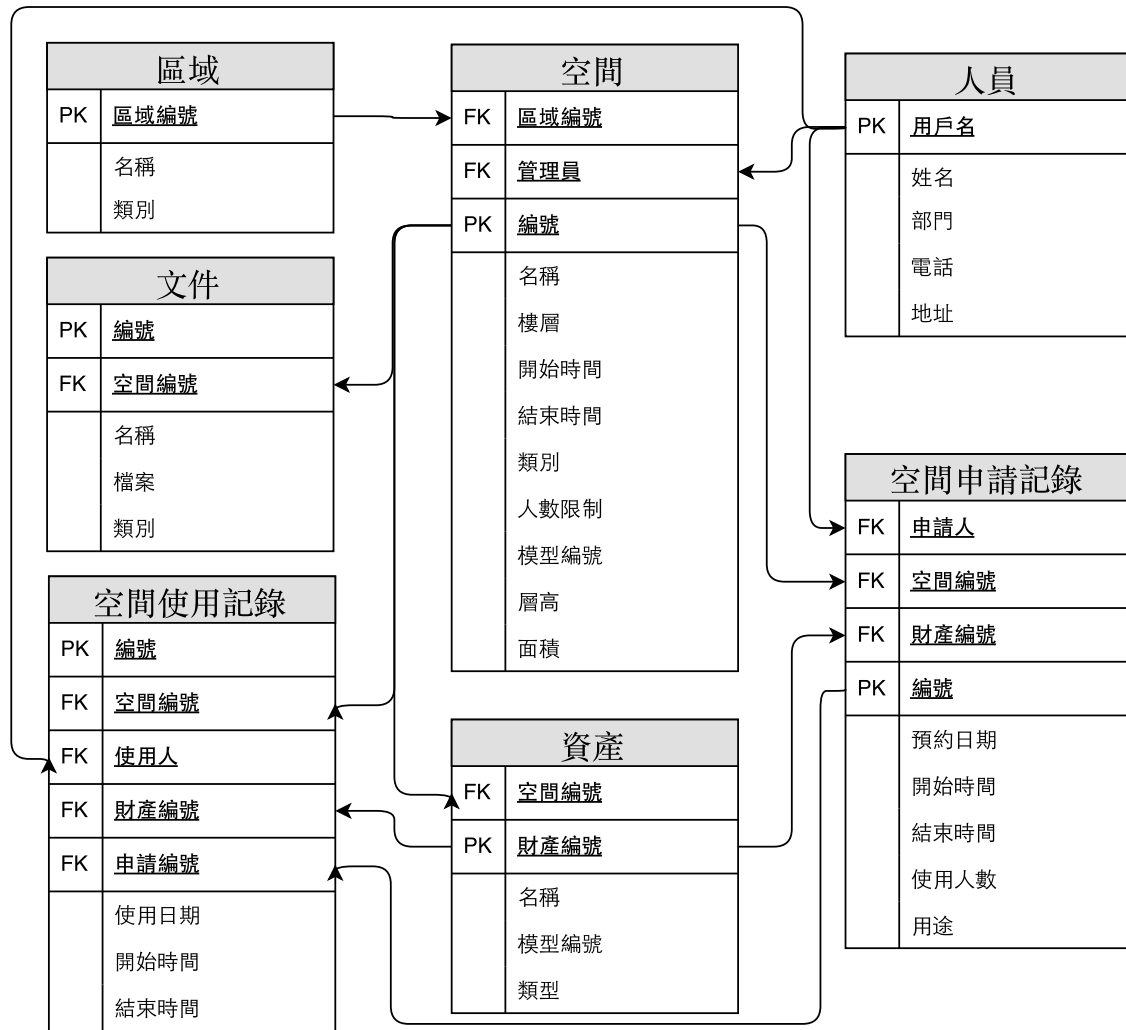


圖 3.19: 空間管理關聯式資料庫架構
資料來源：本研究整理



3.5 系統開發

本研究的主要目的是利用 COBie 資料建置系統，對於運營維護過程中所產生的操作本研究不會涉及，以圖 3.5、圖 3.6、圖 3.7所提及的流程中，可能會利用到系統建置之初的資料庫的功能即為本研究實際開發之功能。在確定本研究開發功能之後，則會選擇開發軟體與工具進行程式編寫，系統程式開發架構如圖 3.20。

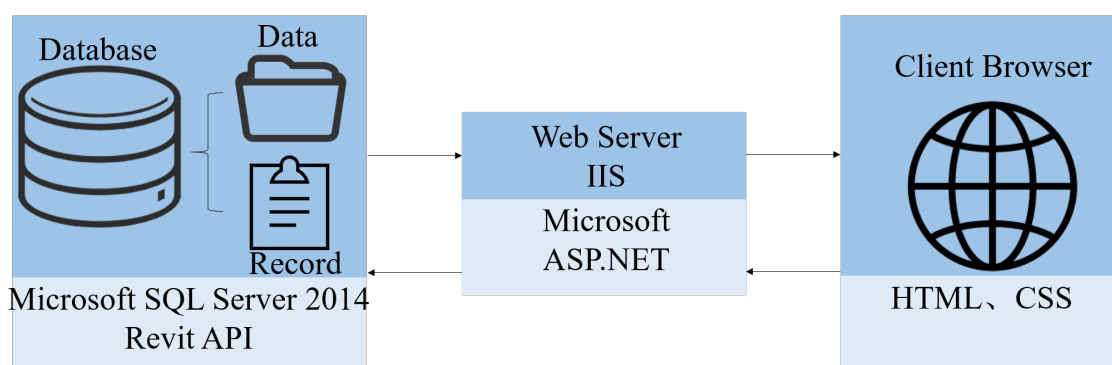


圖 3.20: 系統開發架構
資料來源：本研究整理

3.5.1 系統功能定義

由於本研究在設計系統之初的目標即為探討 COBie 格式資料建置系統之可行性，然而設施管理系統存在許多功能主要針對營運階段之資料或設備運轉之資料，而非設施的初始資料。為了簡化系統開發難度，本研究就固定資產管理、預防性維護管理以及空間管理三個功能模組中讀取初始資料的功能進行系統開發。

固定資產管理的關鍵在於令管理者隨時隨地獲取準確的資產數量、價值等基礎資料，也就是說，在運營階段開始之前還沒有購置新的資產或報廢舊的資產的情況下，想要獲取資產的基礎資料，則是通過查詢方式讀取初始資料庫。根據專家訪談可知，為了讓資產與資產之間以及資產與空間之間的關係更為明確，在查詢功能中，可通過資產所屬空間、資產所屬系統、資產所屬類型進行查詢，而可獲取的資料則以前文資料分析為主。

預防性維護管理的關鍵在於計劃的制定以及執行，對於系統建置初始狀態下，預防性維護計劃的查詢是首先需要設計的功能，而計劃的執行雖然更多得涉

及到設備運轉資料的輔助，但定期的保養與檢查內容是由初始資料提供，故可以設計定期保養與檢查功能。

空間管理的關鍵在於空間定義，後續空間的變更或使用則都是由初始的定義決定的。故本研究將開發空間查詢功能，分別從空間所屬樓層、空間所屬區域、空間所屬類型進行查詢，可獲取的資料以前文資料分析為主。

為了使本研究所開發的智慧建築設施管理系統使用更為便捷，且本系統的使用者出了管理層、維護人員，還包括業主以及設備廠商等，為後續系統的發展以及方便各使用者，將採用網頁開發模式。

而除以上所敘述功能之外，為了證明利用 COBie 格式資料建置的設施管理系統可與 BIM 模型進行互動，本研究計劃利用 API 協助鏈接 BIM 模型，但由於將 BIM 模型在雲端進行 3D 視覺化呈現不屬於本研究範圍內，故未開發雲端圖臺。

3.5.2 WEB 介面開發

本系統前端開發以 HTML, CSS 兩種語言開發，目的是要完成各項網頁操作介面與互動功能，包括畫面顯示、字體大小、排版設計、切版、下拉選單、確認按鈕與各個表單的格綫排版。而本系統的後端開發主要以 ASP.NET 搭配 Microsoft SQL server 2014 版本的資料庫管理系統，主要需要完成各表單顯示內容以及不同內容之間顯示結果的聯動。

ASP.NET 為 Microsoft 在 .NET Framework 中所提開發 Web 應用程式的基礎架構，本系統以 C# 來進行 ASP.NET 的網頁程式，且擁有伺服器控制項的使用者介面元件，開發者可依據需求加入需要的控制項於網頁中，搭配 IIS 網頁伺服器服務 (Internet Information Services) 與 .NET Framework 為基礎的伺服器網頁處理環境，達到動態網頁的運用效益。管理系統在資料庫存取時，透過 Data Access 處理方式，進行資料庫的資料互動，並且串聯 Connection、Command、DataReader、DataSet 以及 DataAdapter 各項物件，其中 DataAdapter 物件可以與 DataSet 做資料來源的溝通方式，當 DataSet 內容改變後，DataAdapter 物件可以使用命令改變資料來源，而 DataAdapter 的 Fill 方法可呼叫 SELECT、INSERT、UPDATE 與 DELETE 執行命令，從而操作資料庫內的資料用作選取、新增、更新、刪除等動作 [32]。

而在介面設計上，依照工程實務使用的常見系統設計為基準，採用固定頁面結合內部表單滑動的方式。整體介面如圖 3.21，由上至下頁首、標題欄、導航欄以及主要內容欄。其中導航欄還可下拉顯示具體的功能內容，其設計主要根據圖 3.1 所整理的功能模組。而內容欄的設計採用三欄式設計，左邊為子菜單欄，中間為表單欄，右邊為詳細資料欄。子菜單欄的概念則是細分功能模組之後，可能需要填寫或使用的表單名稱；表單欄為主要的系統操作區，可供使用者填寫表單或查詢等；詳細資料欄主要提供在不同功能模組下使用者可能需要參考的資料顯示。



圖 3.21: 系統介面
資料來源：本研究整理

3.5.3 Revit API 開發

本研究採用 Autodesk Revit 2017 作為與 BIM 模型互動的 Client 介面，並在 Visual Studio 2015 的開發環境下以 C# 程式語言實作 Revit API，主要目標為取得 BIM 視圖畫面並亮顯所選取的元件，以證明 COBie 所產出的非幾何資料可與模型進行鏈接，便於讀取幾何資料。API 主要的運作邏輯是讀取資料庫元件 ID 欄位，該欄位一般為空值，只有在網頁點選任一元件時，會存入元件 ID，而在 API 讀取該欄位的 ID 之後即可顯示元件具體位置。

第四章 系統資料庫與 COBie 資料的映對

本研究為簡化資料整理過程以及減少人工操作的目的，採用將 BIM 模型中的非幾何資訊由 COBie 格式匯出，再將其轉換為關聯式資料庫後，利用資料庫管理軟體內的程式編寫來進行映對。

4.1 COBie 資料分析

本研究將 COBie 資料轉為資料庫格式之後再與系統資料庫進行映對，故在映對之前首先要從 COBie 資料欄位的設計來對 COBie 內所含資料進行了解，再從資料庫的角度對 COBie 格式進行分析。

4.1.1 COBie 欄位解讀

雖然在文獻回顧中，已經大致了解了 COBie 資料中每一張表單的具體內容以及定義，但 COBie 中的每一張表單中都包含非常多的欄位，導致在運用 COBie 的過程中會對欄位產生誤解，本研究通過這些欄位的性質以及特征進行分析，從而補充 COBie 資料表單的內容以及定義。

首先 COBie 的每一張表單會存在一些相同名稱的欄位，分別是 Name、CreatedBy、CreatedOn、ExternalSystem、ExternalObject、ExternalIdentifier。

1. 名稱 (Name)，在大多數表單中起到標識的作用，所以在大部分表單中 Name 欄位具有唯一性；

2. 創建者 (CreatedBy) 與創建時間 (CreatedOn) 記錄了資料登錄的情況，一是確立資料登錄責任，二是更新資料時作為參考；

3. 外部系統 (ExternalSystem)、外部專案目標 (ExternalObject) 與外部專案識別碼 (ExternalIdentifier) 是由模型的繪製軟體所定義的，例如系統是 Autodesk Revit，專案目標是族群名稱，而專案識別碼則是 Revit 提供的元件 ID，這三欄資訊是 COBie 資料鏈接模型的關鍵。

其次，COBie 資料中還有一部分欄位會對於資料做一定的區分，用以分辨 COBie 中過多的資料，從而避免了 COBie 資料過多導致資料檢索的困難，簡稱這些欄位為分類欄位，同時 COBie 也針對這些欄位有一些默認值的設定，由

PickList 表單輸出。表 4.1 為所有 COBie 分類欄位的欄位名及默認值，但這些分類欄位的填寫並不固定，COBie 所提出的默認值也並非強制填寫。



表 4.1: COBie 分類欄位列表

資料來源：本研究整理

表單	分類欄位	分類欄位默認值
Contact	Category	OmniClass Table 34
Facility	Category	OmniClass Table 11
Floor	Category	Site /Floor /Roof
Space	Category	OmniClass Table 13
Zone	Category	Circulation Zone /Lighting Zone /Fire Alarm Zone /Historical Preservation Zone /Occupancy Zone /Ventilation Zone
Type	Category	OmniClass Table 23
	AssetType	Fixed /Moveable
Component		
System	Category	OmniClass Table 21
Assembly	AssemblyType	Fixed /Optional /Included /Excluded /Layer /Patch /Mix
Spare	Category	Part /PartSet /Lubricant /Other /Spare /SpareSet
Resource	Category	Labor /Material /Tools /Training
Job	Category	Adjustment /Calibration /Emergency /Inspection /Operation /PM /Safety /ShutDown /StartUp /Testing /Trouble
Impact	ImpactType	Cost /ClimateChange /PrimaryEnergyConsumption
Document	Category	Preconstruction Submittals /Shop Drawings /Product Data /Samples /Design Data /Test Reports /Certificates /Manufacturer Instructions /Manufacturer Field Reports /Operation and Maintenance /Closeout Submittals /Contract Drawings /Design Review Comment /Specifications /Request for Information /Client Requirements /Contract Specifications /Contract Modifications /Punch List Items
	ApprovalBy	Owner Approval /Contractor Certified /Information Only
Attribute	Category	
Coordinate	Category	point /line-end-one /line-end-two /box-lowerleft /box-upperright
Connection	ConnectionType	Control /Flow /Return /Supply /Structural
Issue	Type	Change /Claim /Coordination /Environmental /Function /IndoorAirQuality /Installation /RFI /Safety /Specification

雖然大部分的 COBie 表單中資料都是由 Name 欄位標識，但其實 COBie 資料中還有一部分欄位其內容在某些情況下可以用來標識表單表中的資料，例如聯絡人表單雖然以 Email 來區別不同的聯絡人，但在現實生活中也常常會以聯絡人的姓名來區別，故本研究稱這些欄位為標識欄位，並將各表單中除 Name 欄位以外的標識欄位整理如表 4.2，可以發現，只有設施的基本資料表單中還有部分欄位具備標識作用。

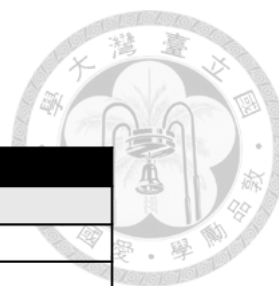


表 4.2: COBie 標識欄位列表
資料來源：本研究整理

表單	標識欄位
Contact	Email/GivenName/FamilyName/Company
Space	RoomTag
Type	ModelNumber
Component	SerialNumber/TagNumber/AssetIdentifier
Job	TaskNumber

4.1.2 COBie 資料庫架構

在研究 COBie 資料格式時可以發現其表單同樣設置有主鍵以及外鍵，故其轉換為資料庫格式之後也可視為關聯式資料庫，其架構如圖 4.1。

由於需要和系統資料庫進行映對，所以 COBie 資料轉為關聯式資料庫之後的主鍵設置尤為重要，根據主鍵特征可以分為以下幾類：

1. 資料表主鍵唯一，例如 Contact、Facility、Floor、Space、Type、Component、Spare、Resource，屬於結構比較簡單的資料表，而且這些資料表的唯一主鍵都是 Name 欄位；

2. 在資料表主鍵為複合主鍵的資料表中，Assembly、Connection、Impact、Document、Attribute、Issue 這幾個資料表，他們的複合主鍵所包含的欄位都有 SheetName 和 RowName，且同時為外鍵。而這兩個欄位填入的資料是其他資料表的名稱和 Name 欄位的內容，並且不指定是某一資料表，這一類資料表可稱為開放性資料表；

3. 最後還剩下三個資料表，分別是 Zone、System 和 Job，它們的複合主鍵除了 Name 欄位以外，還包含一個指向其他資料表主鍵的外鍵。

再針對資料表之間的關係，依照外鍵的設置進行分類討論。由於開放性資料表的存在，所以這些資料表有可能會與其他任何一張資料表關聯，故具體的關係在此不再討論。除去開放性資料表，以下將對 Contact、Facility、Floor、Space、Type、Component、Spare、Resource、Zone、System、Job 這十一個資料表進行關聯的描述。

1. 由於 CreatedBy 欄位的設置，使得 Contact 資料表與其他所有資料表均有關聯。除此之外，Type 資料表中與廠商有關的三個欄位也是指向 Contact 的外鍵，

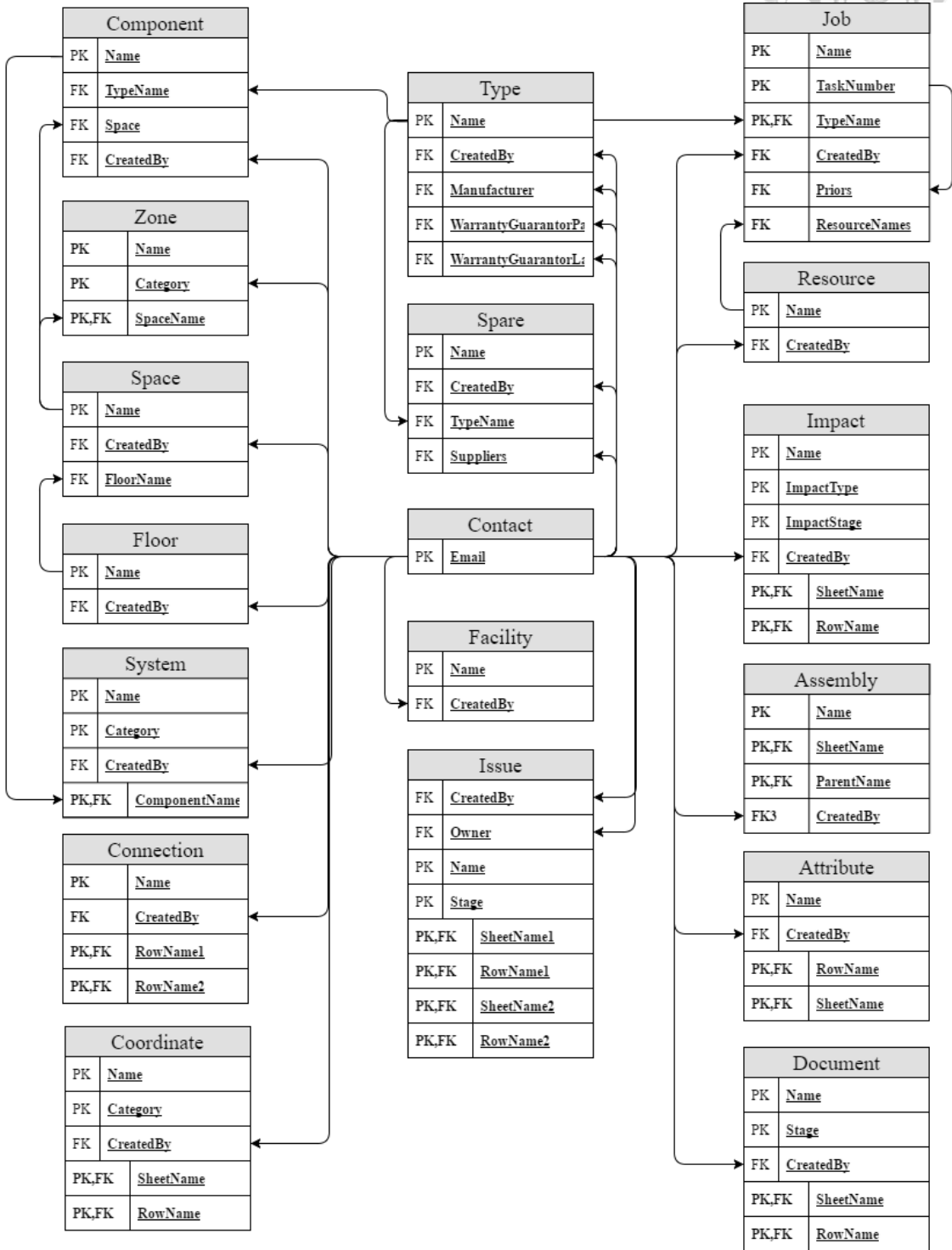


圖 4.1: COBie 資料庫架構
資料來源：本研究整理



以及 Spare 資料表中的 Suppliers 欄位也指向 Contact 資料表。

2.Space 資料表與 Floor、Zone 以及 Component 資料表相關聯，與 Component 資料表關聯的還有 Type 與 System 資料表。

3.Spare 與 Job 資料表均與 Type 資料表相關聯，另外 Job 資料表還與 Resource 資料表相關聯。

以上即為 COBie 資料庫的主鍵以及關聯分析，這在與系統資料庫映對時尤為重要。

4.2 資料庫映對方法及過程

在智慧建築設施管理系統建置的過程中，資料的填入是最為關鍵的步驟。本研究計劃將 COBie 資料轉換為關聯式資料庫後，利用資料庫管理軟體內的程式編寫來進行映對，但在映對過程中基於兩個資料庫的設計差異，本章節將依照 COBie 資料庫結構比對系統資料庫結構，進行映對方法的探討並映對過程中可能出現的問題。

由於本研究的研究目的僅針對竣工階段的 BIM 模型，所以對於系統資料庫中有關營運記錄的資料表則無法映對。並且依照本研究設計的資料庫架構而言，固定資產、預防性維護以及空間管理三個資料庫中有部分內容產生重複，為避免論述不清，本章節將根據三個模組資料庫各自的側重點，針對固定資產中的管理人員、系統、保固廠商、製造商、類型、資產、文件資料表和預防性維護中的定期維護計劃、定期維護內容、工具和零件資料表以及空間管理中的空間、區域資料表，以上十三個資料表進行映對方法的探討。

由於在資料表的名稱上有可能產生歧義，所以在本節的敘述中，會採用 COBie 資料格式中的英文名稱來代表 COBie 資料，而中文名稱則代表前文所建置的智慧建築設施管理系統資料庫。

4.2.1 資料表映對順序

在映對過程中，根據資料庫資料填寫時，主鍵不可為空以及外鍵的填寫與所指向的主鍵一致的基本原則，按照無外鍵的資料表優先映對，有外鍵的資料表依



照外鍵設置的順序進行映對。

在固定資產管理資料庫中，空間、管理人員、系統、保固廠商、製造廠商是沒有外鍵的五個資料表，所以會最先進行映對，在完成以上五個資料表的映對後，按照順序依次是類型、資產、文件資料表；而預防性維護管理資料庫中，沒有外鍵的資料表為空間、類型、系統、管理人員以及工具，按照外鍵設置後續映對順序為零件、資產、定期維護計劃，最後是定期維護內容與計劃資產關係；在空間管理資料庫中，沒有外鍵的資料表為區域以及管理人員，按照外鍵的設置後續映對順序為空間、資產、文件三個資料表。

而由於 COBie 資料轉換成的資料庫並未經過正規化且其主鍵的設置又與常規系統資料庫不同，故在映對過程中會分為資料表名稱、主鍵、外鍵以及一般欄位進行分情況討論。

4.2.2 資料表名稱映對

COBie 資料表中包含了 BIM 模型資料的資料表一共有 18 個，基本上涵蓋了所有可能產生的資料，而系統資料庫中的表單映對 COBie 表單中的哪一個表單則是映對的第一步。根據需求分析中闡述的資料表內容與欄位解讀中總結的 COBie 資料表內容進行簡單映對，結果如下表 4.3。

根據 COBie 的分類我們可以發現，在映對時有幾個資料表是不可以填入 COBie 全部內容的，但由於 COBie 僅提供分類欄位，並未規定分類方式，因此本研究以 COBie 默認的分類方式進行探討，如表 4.1 中所提到的 COBie 資料表相關的分類欄位的具體內容。

1. 類型資料表應該根據 AssetType 的分類僅填入 movable 的類型，因為固定資產管理的類型僅包括設備等附屬資產，而例如門、窗等 Fix 的類型則屬於不動產管理。

2. 資產資料表也有相同問題，在映對 Component 資料表時不可以映對全部的內容，僅映對附屬設備，然而 Component 中並沒有欄位可以做此區分，所以映對的方法也同樣是依靠 Type 的 AssetType 欄位。

3. 管理人員、製造廠商、保固廠商都可以映對 Contact 資料表，但這三張資料表的內容完全不同，這時則需要用 Category 中的欄位內容來映對，而 Contact：



表 4.3: 資料表名稱初步映對

系統資料表名稱	COBie資料表名稱
資產	Component
類型	Type
系統	System
空間	Space
區域	Zone
管理人員	Contact
製造商	
保固廠商	
定期維護計劃	Job
定期計劃步驟	
文件	Document
工具	Resource
零件	Spare

Category 中推薦填寫的內容為 OmniClass 表 34。以本研究為例，製造商可選擇 34-35 10 11 : Manufacturer，保固廠商可選擇 34-35 10 21 11 : Product Representative，管理人員則可以選擇 34-11:Management Roles。在這裡需要注意的是 omniclass 表 34 有非常多的角色分類，而映對方式需要根據需求來決定分類的層次，例如管理人員可能會需要更細緻的分類，所以在 COBie 資料產出前還需要訂定 BIM 模型資料填寫規則以及設施管理系統中的分類規則。

4. 零件資料表中僅需要填入修繕過程中可能會更換的零件，而從表 4.1 中可以看出 Spare 資料表中除了零件還包括大型備件和潤滑劑，所以在映對時僅需要選擇 SpareType 為 Part 以及 PartSet。

5. 工具資料表主要需要填寫保養檢查時可能會使用到的工具，而從表 4.1 中可以看出 Resource 資料表中除了工具還包括人力、材料與培訓，故在映對時僅需要映對 ResourceType 為 Tools 的部分。

6. 定期維護計劃與維護計劃步驟看似都是映對 Job 資料表，但與 Job 資料表的分類無關，因為定期維護計劃與維護計劃步驟映對的是 Job 資料表中完全不同的欄位，具體的欄位映對會在後續詳細說明；但即便如此，這兩個資料表也不能映對 Job 的全部內容，因為 Job 資料表的定義是與設備的操作、保養、維修相關

的所用工作，所以在映對時僅需要映對 JobType 為檢查以及預防性維護的部分。

7. 在系統資料庫設計過程中，文件資料表與許多資料表都有關聯，這是由於不同的文件可能歸屬於類型、系統或者空間。而由表 4.1 可知，Document 中分類較多，根據需求分析可知，文件包括出場證明、測試報告、操作說明書、保固合約、教育訓練等，基本可以歸屬於製造商現場報告、測試報告、製造商說明書、合約條款、營運維護這幾大類。但由於文件的移交基本也處於竣工階段，且文件資料表的建立又與文件的保存位置相關，單純文件的管理常常會單獨設置資料庫，受限於本研究的研究目的，不再討論文件的映對問題。

8. 根據 Attribute 資料表的定義可知，任何一張資料表中所缺少的而依據專案而所需要的屬性都可以由 Attribute 匯出，故還需要在每一張資料表的映對中都加入 Attribute 資料表。

綜上所述，最終系統名稱的映對如下表：

表 4.4: 資料表名稱映對結果

資料來源：本研究整理

系統資料表名稱	COBie 資料表名稱	分類欄位填寫內容
資產	Component	AssetType: movable
類型	Type	AssetType: movable
系統	System	
空間	Space	
區域	Zone	
管理人員	Contact	Category: 34-11:Management Roles
製造商		Category: 34-35 10 11 : Manufacturer
保固廠商		Category: 34-35 10 21 11 : Product Representative
定期維護計劃	Job	Category: Inspection & PM
定期計劃步驟		Category: Inspection & PM
工具	Resource	Category: Tools
零件	Spare	Category: Part & PartSet

以上分析僅針對本研究設計的系統資料庫，如若有細分更複雜的資料庫則需要參考表中所列舉的分類欄位的內容，在實際操作中有可能出現 COBie 資料分類方式與設施管理系統資料庫完全不同的情況，所以建議運用 COBie 產出資料的專

案中需在 BIM 繪製階段提前制定有關分類標準。



4.2.3 資料表主鍵映對

在確定主要映對的資料表名稱後，需要首先確定主鍵。在 COBie 資料格式中，各資料表的主鍵雖各有不同，但大多數都是以 Name 欄作為主鍵，即名稱。然而在實際運用過程中，各資料表中的名稱欄位有可能會產生變動，所以並不適合作為主鍵。但正如前文所分析的，在 COBie 欄位中有一些屬於標識欄位，而標識欄位則是主鍵映對中的關鍵欄位，以下將依照映對的情況分類的方式進行敘述：

一、主鍵單一且存在標識欄位映對表 4.2 中列舉了所有 COBie 資料表中除了 Name 欄位以外的標識欄位，這些表單包括 Contact、Space、Type、Component 以及 Job。以本研究所設計的資料庫為例，與 Contact 映對的資料表管理人員、製造商以及保固廠商資料表的主鍵與 Contact 資料表一致，所以並沒有用到其他標識欄位，但 COBie 資料格式也同樣支持以姓名或公司名稱為主鍵的資料表映對。類型資料表的主鍵型號則可以映對到 Type 的標識欄位 ModelNumber，且 ModelNumber 為必填欄位。空間資料表的主鍵為空間編號，此時可以選擇映對 Space 的標識欄位 RoomTag。在本研究中資產資料表的主鍵並非單一主鍵，但 COBie 資料表也支持以財產編號、流水號、序列號為主鍵的資料表映對。圖 4.2 總結了上述資料表主鍵映對狀況。

二、主鍵單一但無標識欄位可映對

在本研究所設計的資料庫中有許多資料表的主鍵是單一主鍵，但映對的 COBie 資料表並沒有提供標識欄位，所以只能以自動編號為主，這些資料表有工具、定期維護計劃、區域、零件、文件、系統資料表。

三、複合主鍵

除了單一主鍵的資料表，還有複合主鍵的情況，在本研究設計系統中僅存在兩個資料表是複合主鍵，即定期維護內容以及資產資料表。

定期維護內容資料表的主鍵為外鍵維護計劃編號與主鍵項目編號，由於存在外鍵，故此映對將在外鍵映對中進行說明，而項目編號則可以映對 Job 資料表中的標識欄位 TaskNumber。

資產資料表的主鍵為外鍵型號與主鍵編號，外鍵的映對將在之後具體說明，

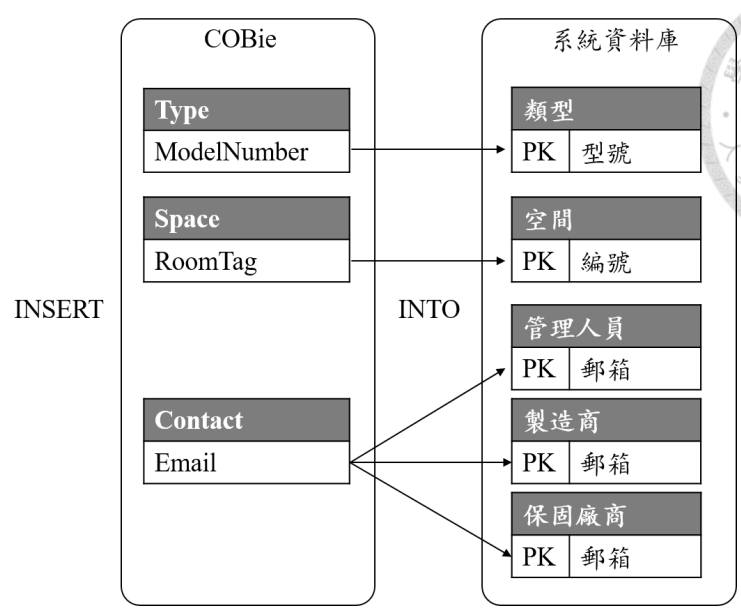


圖 4.2: 資料表主鍵映對狀況一
資料來源：本研究整理

而編號則可以映對 Component 中的標識欄位，而由於資產資料表一共提供了三個標識欄位，本研究採用的是 TagNumber。

綜上所述，所得出的主鍵映對狀況如圖 4.3。

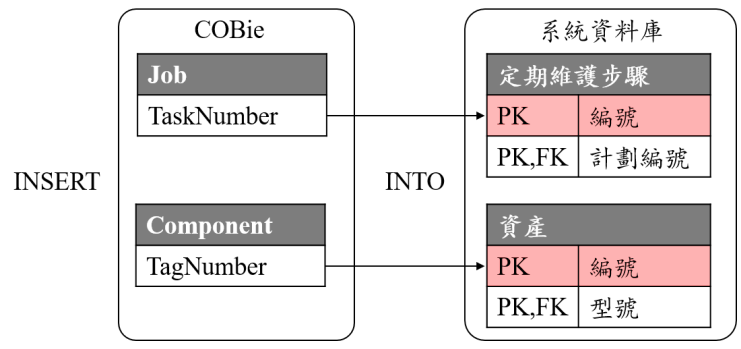


圖 4.3: 資料表主鍵映對狀況二
資料來源：本研究整理

由於主鍵不同，但後續其他欄位以及外鍵的映對時還需要利用到 COBie 的主鍵，故需要在資料庫中可以與 COBie 映對的資料表中增加 COBie 主鍵欄位，用以填入所映對的 COBie 資料表的主鍵欄位。

4.2.4 資料表外鍵映對

外鍵的映對必須建立在主鍵已經映對結束的基礎上，因為系統資料庫與 COBie 資料庫在主鍵的設置上有所不同而產生了在外鍵映對時會出現不同的狀



況，對於在主鍵映對中，系統資料庫與 COBie 資料庫中主鍵一致的資料表，此時不會有特殊性，所以本章節不再敘述，僅針對主鍵不同的狀況做討論。

一、主鍵不同，資料表之間的關係一致

在系統資料庫與 COBie 資料庫映對時，最常出現的情況是兩個關聯資料表之間的關係是一致的，然後由於主鍵的設置不同從而產生一定的映對困難，但這種情況是非常容易解決的。在本研究設計的固定資產管理資料庫中，資產資料表的外鍵型號以及空間編號都存在這種情況，以下以資產型號為例，進行詳細說明。

在固定資產管理資料庫中，資產資料表的外鍵型號指向類型資料表的主鍵型號，在 COBie 資料庫中，Component 資料表的外鍵 TypeName 指向 Type 資料表的主鍵 Name，故類型與資產資料表之間的關係同 Type 與 Component 資料表之間的關係一致。此情況下映對時需由類型與資產資料表中的 COBie 主鍵欄位協助，如圖所示，當類型資料表的 COBie 主鍵與 Component 資料表的 TypeName 一致，且，資產資料表的 COBie 主鍵與 Component 資料表的 Name 一致時，即可將類型資料表的主鍵型號欄位的內容填入資產資料表的外鍵型號中，具體結果如圖 4.4。

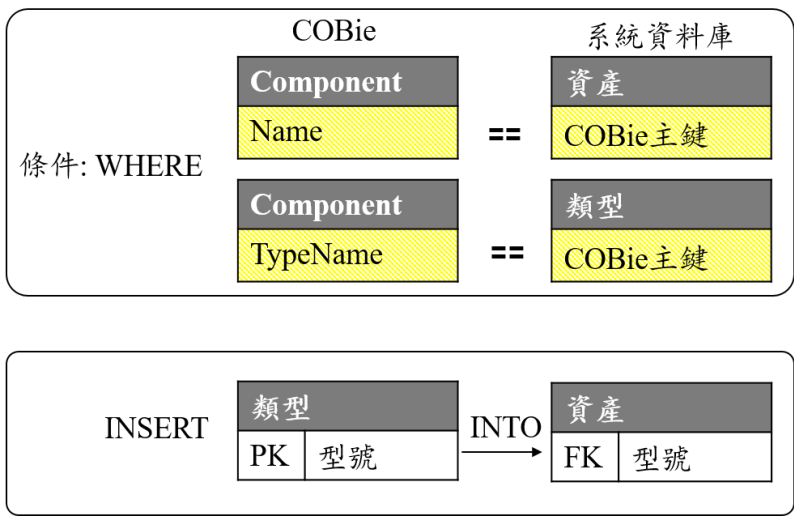


圖 4.4: 資料表外鍵映對狀況一
資料來源：本研究整理

二、主鍵不同，資料表之間的關係不完全一致

除了上述資料表之間關係一致的情況還存在另一種情況，即資料表之間的關係存在但不完全一致。以本研究設計的空間管理資料庫中，空間資料表的外鍵區域編號即存在這種情況，以下將詳細說明。

在空間管理資料庫中，區域資料表的主鍵編號指向空間資料表的外鍵區域

編號，而 COBie 資料庫中，Space 資料表的主鍵 Name 指向 Zone 資料表的外鍵 SpaceName，即區域與空間資料表之間的關係同 Space 與 Zone 資料表之間的關係不完全一致。此情況下映對時同樣需要 COBie 主鍵欄位的協助，如圖所示，當區域資料表的 COBie 主鍵與 Zone 資料表的 Name 一致，且，空間資料表的 COBie 主鍵與 Zone 資料表的 SpaceName 一致時，即可將區域資料表的主鍵編號欄位的內容填入空間資料表的外鍵區域編號中，具體結果如圖 4.5。

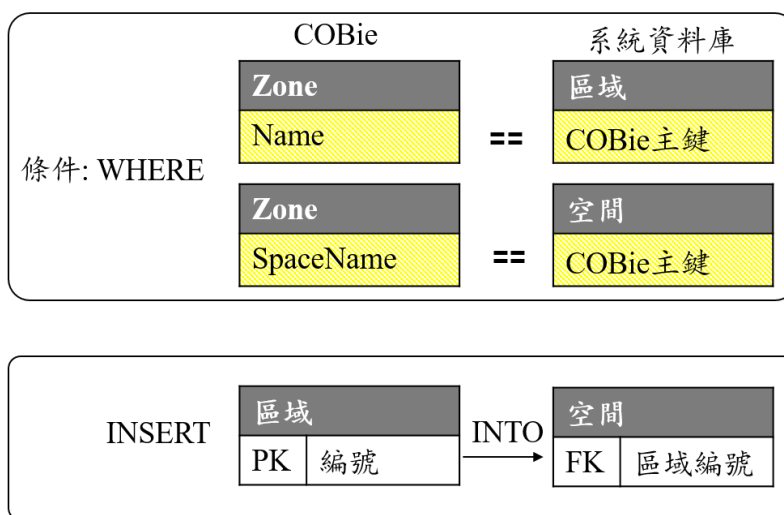


圖 4.5: 資料表外鍵映對狀況二
資料來源：本研究整理

有圖 4.4與圖 4.5對比可看出，這兩種狀況的映對方式是類似的，差別在於第一種狀況中需要填入的是資產資料表的外鍵，而映對的也是 Component 資料表，而第二種狀況中需要填入的是空間資料表的外鍵，然而映對的卻是 Zone 資料表，這時在映對過程中需要注意的。

三、COBie 資料表的拆分

在資料表名稱映對中有提到兩個特殊的資料表，定期維護計劃（簡稱計劃）與定期維護內容（簡稱內容）資料表，這兩個資料表均映對 Job 資料表，但是映對不同的欄位，即可稱為 COBie 資料表的拆分。而計劃資料表的主鍵編號指向項目資料表的外鍵計劃編號，如圖所示，由於在主鍵映對過程中項目資料表的主鍵編號即映對 Job 資料表的主鍵之一 TaskNumber，故項目資料表中無 COBie 主鍵這一欄位，故當計劃資料表的 COBie 主鍵與 Job 資料表的 Name 一致，且，項目資料表的編號與 Job 資料表的 TaskNumber 一致時，即可將計劃資料表的主鍵編號欄位的內容填入項目資料表的外鍵計劃編號中，具體結果如圖 4.6。

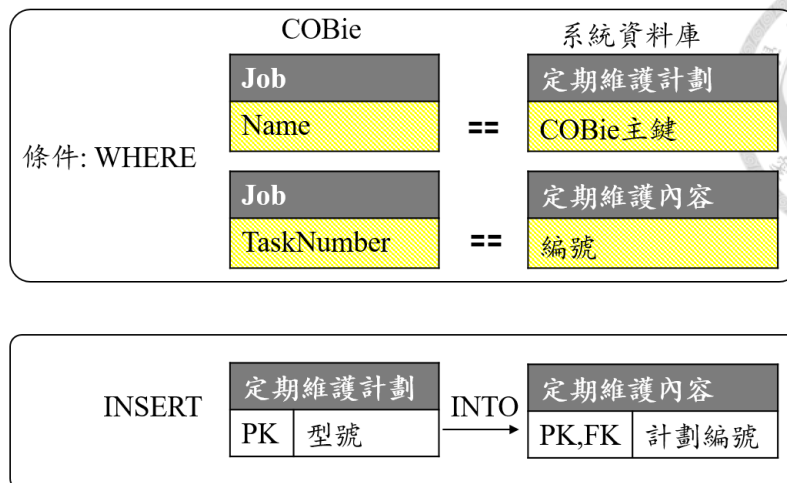


圖 4.6: 資料表外鍵映對狀況三
資料來源：本研究整理

4.2.5 資料表一般欄位映對

在一般的欄位的映對中，由於兩個資料庫的主鍵設計不同，同樣會利用 COBie 主鍵這一欄欄位協助映對。

一般欄位的映對存在三種情況，第一種情況則為 COBie 資料表中有內容完全一致的欄位，則可以直接映對。以類型資料表為例，在固定資產管理資料庫中，類型資料表的欄位能與 COBie 中的 Type 資料表完全映對的欄位如圖中的直接映對，如圖 4.7。

Type	→	類型
WarrantyDurationParts	→	保固期
WarrantyDurationUnit	→	保固期單位
ExpectedLife	→	預計使用年限
Description	→	用途
Name	→	COBie-主鍵

圖 4.7: Type 資料表一般欄位映對狀況一
資料來源：本研究整理

第二種情況則為第一種情況的補充，即 COBie 中並沒有內容完全一致的欄位，映對時需要在程式編寫時增加一些限制條件。例如在固定資產管理資料庫中，類型資料表的名稱應映對 BIM 模型中的族群，而規格則映對 BIM 模型中的類型，而族群與類型在 COBie 輸出時可填入 Name 欄位，並以符號隔開，故在映對時可

添加符號限制條件，類似情況還有品類，如圖 4.8 所示。

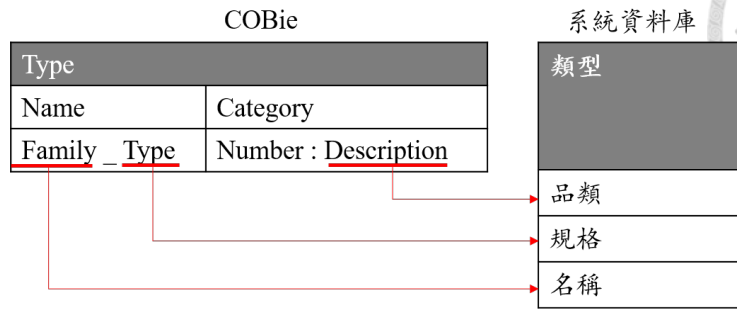


圖 4.8: Type 資料表一般欄位映對狀況二
資料來源：本研究整理

第三種情況則為 COBie 中並沒有與所需內容相關的欄位，但鑒於 COBie 中的 Attribute 資料表為開放式資料表，可以儲存 BIM 模型中存在任何資料，故可採用 Attribute 資料表進行映對。仍然以類型資料庫為例，其中成本欄位並無法與 Type 資料表完全映對，但 BIM 模型中可以記錄，則在 Attribute 資料表中可以記錄所有 Type 的價格。但這是映對的方式略有不同，先要選取 Attribute 資料表中的 SheetName 為 Type、且 RowName 為類型資料表中的 COBie 名稱、且 Name 為價格的欄位，符合上述三個條件的唯一一列中的 Value 欄位中的值，即可映對到類型資料表中的價格欄位，類似情況還有產地欄位，如圖 4.9 所示。

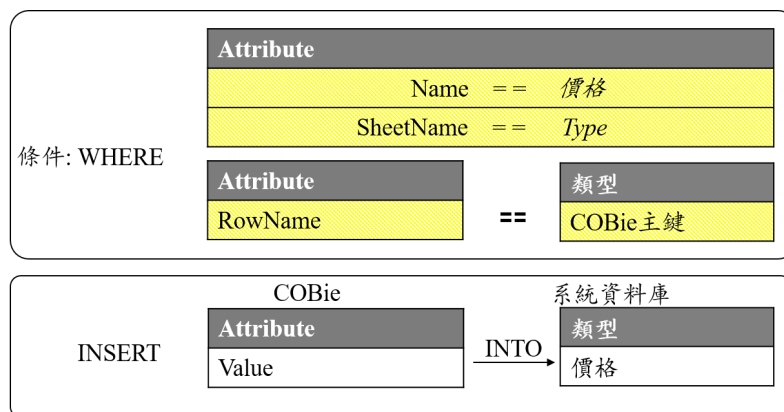


圖 4.9: Type 資料表一般欄位映對狀況三
資料來源：本研究整理

4.2.6 小結

通過對 COBie 格式資料映對到系統資料庫的過程的探討可將映對方法總結如下：

1. 在映對之前需首先確定系統資料庫的映對順序，但映對的順序只是單純考慮系統資料庫的結構，與 COBie 格式無關；

2. 對於資料表名稱的映對，主要需要參考 COBie 各表單所填的內容以及各表單中分類欄位的設計，為了更加順利的映對，建議在 BIM 模型繪製階段就對分類欄位的填寫方式做一個統一的規定；

3. 對於資料表主鍵的映對，主要參考 COBie 各表單中設置的標識欄位，而這裡存在兩個問題，一是沒有合適的標識欄位可以映對，二是標識欄位的內容不具備唯一性，故這是在 BIM 模型建置階段需要規定的內容；

4. 對於資料表外鍵的映對，主要參考 COBie 各表單之間的關聯關係；

5. 對於資料表一般欄位的映對，除了要參考 COBie 各欄位的涵義，還需要特別參考 Attribute 表單的內容。

4.3 COBie 產出方式的探討

在資料庫映對之前，需要先將 COBie 資料產出，根據上述映對方法以及過程討論，可以整理得出對於 COBie 產出的過程以及需要注意的問題。本研究的研究前提是 BIM 模型中的已存有竣工之前的全部資料，相應的欄位內容已填寫完成，但有一部分欄位的填寫可能會對後續映對產生影響，故在第一節會首先說明。而如前文所述，本研究計劃採用 COBie Extension 作為 COBie 輸出工具，而該軟體的操作會對映對產生比較大的影響，故匯出過程中所需注意的問題將在第二節進行敘述。

4.3.1 COBie 資料產出工具

COBie 的產出方式針對不同的軟體可以有不同的方式，較為常見的是將 BIM 模型以 IFC 格式輸出後，再轉制成 COBie 格式，但這種方式容易有遺漏，而且轉制過程並不直觀，操作有一定的困難。而 Revit 軟體推出 BIM Interoperability Tools 後，可以免費安裝增益集於 Revit 軟體中，用以輸出 COBie 格式的資料。BIM Interoperability Tools 中一共包括四個工具，分別是 Model Checker、Model Checker Configurator、Classification Manager、COBie Extension，這四個工具介面

的操作直觀，對於不了解 COBie 的人而言入門容易。

在這四個工具中 COBie Extension 主要負責設定 COBie 資料內容以及產出最終的 COBie 資料，其分為三大功能，包含轉出資料內容的相關「基本參數設定 (Setup)」、「區域管理與 COBie 領域參數修改 (Modify)」以及「匯出設定 (Export)」等 (圖 4.10)。

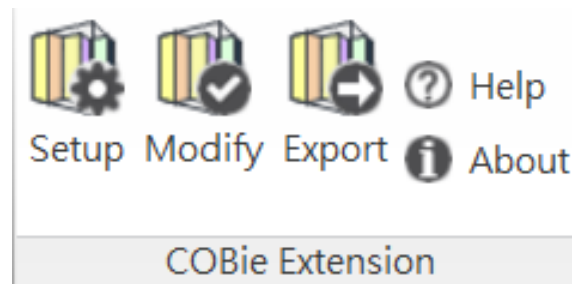


圖 4.10: COBie Extension 界面
[33]

「基本參數設定 (Setup)」可以建立聯絡人資訊、轉出 COBie 資料欄位值的格式設定、以及對匯出 COBie 欄位值的來源參數做映對 (Parameter Mappings)(圖 4.11)。建立聯絡人資訊可採用符合 COBie Extension 格式要求的 XML 文件匯入，也可使用建立聯絡人資訊功能手動建置。在建置過程中需要為每一位聯絡人根據 OmniClass Table34 進行選擇分類 (Classification)，而 OmniClass Table34 中基本包括了在建築生命過程中可能出現的所有角色，也就是說在聯絡人資訊這裡可以隨著建築生命週期的進行不斷地填入所有參與人員的信息，但在營運管理階段所需的人員並不包括所有參與人員，所以對於 Classification 的選擇尤為重要。在轉出 COBie 資料欄位值的格式設定中，首先會對整個專案所屬國家、專案各元件辨識碼、度量單位、面積測量方式進行設定；接著會為 Space、Type、Component、System 的 Name 欄位進行設定，還可以為 Type 以及 System 的 Category 選擇是否需要根據分類標準自動匹配欄位值，而這裡所提到的分類標準即 OmniClass 的一系列表格；同時在設定中還可以指定 Attribute 需要輸出的屬性有哪些，BIM 模型中全部的專案參數會以族群的方式顯示，針對所需族群中實體 (Instance) 或類型 (Type) 的屬性進行選擇性輸出，避免輸出不必要的屬性；最後針對元件定位方式以及明細表產出內容做設定。在 COBie 欄位值的來源參數映對中，可以給 Component、Facility、Floor、Space、System、Type 中所有欄位進行來源選擇，默

認欄位來源是由 COBie Extension 自動產出的專案參數，這些參數名稱與 COBie 中欄位名稱一致，但時常 BIM 模型中建立的資料並未填入這些欄位中，所以需要以 BIM 繪圖者的角度進行資料來源的映對。

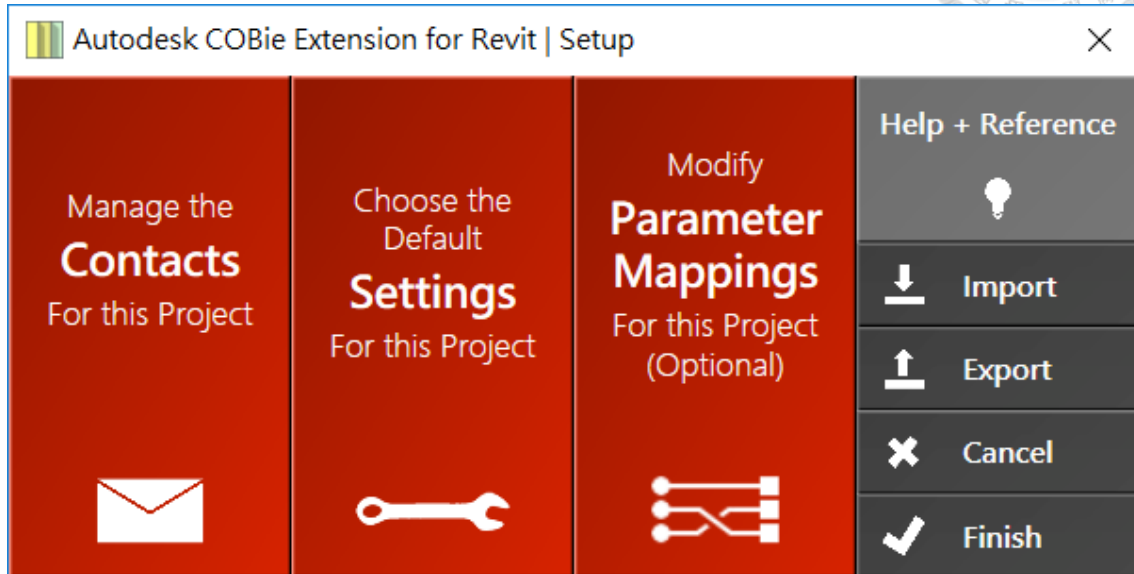


圖 4.11: 基本參數設定 (Setup) 界面
[33]

「區域管理與 COBie 領域參數修改 (Modify)」可以在為 Revit 專案設立區域資訊、選擇需要輸出的 BIM 元件以及針對多次輸出而設置的必填欄位修改功能 (圖 4.12)。設立區域資訊中只能在 BIM 模型空間與房間設定完成後，人工手動添加區域及區域資訊，並通過拖曳方式將空間歸入區域中。在選擇需要輸出的 BIM 元件中，會首先讀取該 BIM 模型中存在的族群，再根據需求進行選擇哪些元件需要輸出，這個功能一般會用於當一個完整的專案由若干不同的 BIM 模型組成時，根據不同的模型內容進行選擇不同的元件進行輸出。由於在專案生命過程中可能會不止一次輸出 COBie 資料，而如果一些必填欄位有修改那麼則需要用到最後一個修改必填欄位值的功能。

「匯出設定 (Export)」可以讓使用者選擇匯出的 COBie 試算表。可選擇的表單一共只有十個，分別是 Contact、Facility、Floor、Space、Zone、Type、Component、System、Attribute、Coordinate。所以通過 COBie Extension 進行 COBie 的匯出只能填寫以上十個表單，而 COBie 實際上一共有 18 個表單，而目前也並沒有其他方式可以輸出除以上十個表單以外的表單。在匯出時還可以根據模型鏈接將組成一個專案的所有 BIM 模型一次性全部匯出，且每一個模型匯出的設定可以不

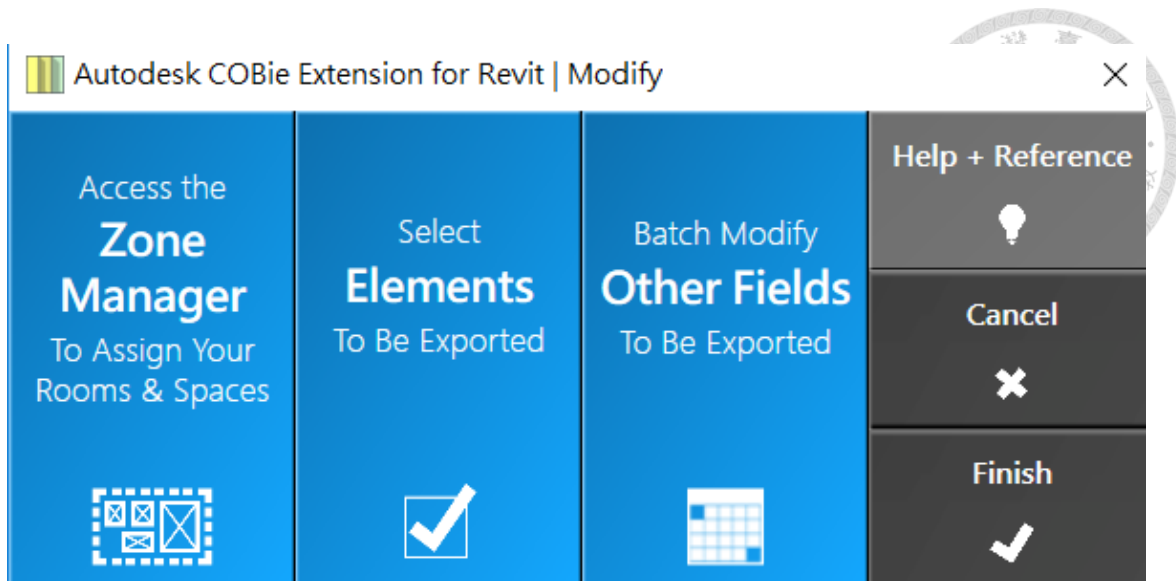


圖 4.12: 區域管理與 COBie 領域參數修改 (Modify) 界面 [33]

同。

依據上述操作步驟，本研究整理得出 COBie Extension 在輸出 COBie 資料是每個步驟會影響到的 COBie 欄位，如表 4.5。

綜上可知，利用 COBie Extension 匯出 COBie 資料雖然看似步驟繁多，但介面簡單且資料獲取完整度高。而本研究主要探討在 BIM 模型資料齊全的情況下，將 COBie 資料快速產出，故選擇利用 COBie Extension 作為工具產出最終所需 COBie 資料。

4.3.2 COBie 資料產出注意問題

依照表 4.5 可知，在 COBie Extension 操作過程中，一共有 4 個步驟會對產出的資料內容產生影響，以下將依據本研究需求分別討論這四個步驟。

一、聯絡人資訊管理

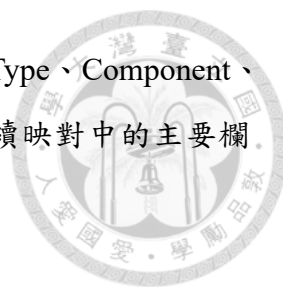
在聯絡人資訊管理中，需填入與整個專案相關的設計、施工人員以及廠商等資訊。其中需要注意的是聯絡人的 Classification，即前文所描述的 Contact 的 Category 欄位內容，這裡按照默認設定會選擇 OmniClass Table 34，在上一節名稱映對中對此有說明，如不採用 OmniClass 的分類方式則建議在專案的開始階段就訂定全部的分類標準。

二、轉出資料系統參數設定



表 4.5: COBie Extension 步驟對產出資料的影響
 資料來源：本研究整理

COBie表單	Manage the Contacts	Choose the Default Settings	Parameter Mappings	Zone Manager
Contact	ALL			
Facility		LinearUnits /AreaUnits /VolumeUnits /CurrencyUnit /AreaMeasurement	ALL	
Floor		Name	ALL	
Space			ALL	
Zone		SpaceNames	ALL	
Type		Name /Category /Description	ALL	
Component		Space /Name	ALL	
System		Name /Category /ComponentNames	ALL	
Attribute		Name /SheetName /RowName		
Coordinate		Coordinate X/Y/Z Axis		



在轉出資料系統參數設定中，可以分別設定 Space、Type、Component、System、Attribute 這些輸出欄位的參數，同時這些欄位也是後續映對中的主要欄位。

1. 一般設定

一般設定主要是設定匯出資料的通用單位以及計算方式，而值得注意的是 Identification 的選擇，為了輸出的 COBie 資料在使用中可以與模型產生互動，此時需要選擇輸出的 Identification 須為 Revit Element ID。

2.Space 設定

對於 Space Name 的設定，可輸出的內容包括 Element ID、GUID、Revit Category、Number、Name、Level，因為 Name 欄位是 Space 表的主鍵，匯出時不可重複，所以可以採用十六位編碼的 GUID 作為標識，而從輸出有效資料的角度而言，Name 是該空間的定義，Space 表中不存在其他欄位可填入 Name，故選擇在此輸出，對於 Space Name 的設定基本以 GUID 與 Name 為必須輸出項，其他項如若系統需要可再輸出。

3.Type 設定

對於 Type Name 的設定，可輸出的內容包括 Element ID、GUID、Revit Category、Family、Type、Type Mark、Type Description，同樣的，Name 欄位是 Type 表的主鍵，匯出時不可重複，所以可以採用十六位編碼的 GUID 作為標識，而從輸出有效資料的角度而言，Family 族群更符合一般類型的名稱，而在 BIM 模型繪製時，Type 中常常填寫的是規格，而 Type Mark 則填寫的是類型的縮寫或簡稱，故對於 Type Name 的設定基本以 GUID 與 Family、Type 為必須輸出項，其他項如若系統需要可再輸出。

而 Type 的 Category 可以不用在模型建置時填寫，而在設定時統一設置。為了保證能填入 Category，設定時採用順位進行填寫，可以選擇的分類方式有多種，依照英美標準中的默認分了方式，本研究選擇「根據族群定義自動從 OmniClass Table 23 中選取類別」。

4.Component 設定

對於 Component Name 的設定，可輸出的內容包括 Element ID、GUID、Revit Category、Family、Type、Type Mark、Mark、Level，同樣的，Name 欄位是 Com-

ponent 表的主鍵，匯出時不可重複，所以可以採用十六位編碼的 GUID 作為標識，而從輸出有效資料的角度而言，這些欄位除了 Mark 基本都不屬於 Component 特有的屬性，而實際運用中，Component 的名稱其實就是 Type 的名稱，故對於 Component Name 的設定基本以 GUID 為必須輸出項，其他項如若系統需要可再輸出。

5.System 設定

對於 System Name 的設定，可輸出的內容包括 Element ID、GUID、Revit Category、System Name、System Classification，同樣的，Name 欄位是 Component 表的主鍵，匯出時不可重複，所以可以採用十六位編碼的 GUID 作為標識，而從輸出有效資料的角度而言，System Name 為系統定義，故對於 System Name 的設定基本以 GUID 與 System Name 為必須輸出項，其他項如若系統需要可再輸出。

同 Type 類似，System 的 Category 也可以在設定中統一填寫，可選擇的分類方式為 OmniClass Table 21、UniFormat、UniClass，可根據系統需求進行選擇。

三、參數映對以及區域管理

這兩個步驟會對幾乎所有可以產出的資料表產生影響，但這兩個步驟的設定依專案不同而有所不同，故將在案例實作中進行討論

綜上所述，將所有基本參數的設定總結如表 4.6。

表 4.6: 基本參數設定結果

Contact Category	OmniClass Table 34
Identification	Element ID
Space Name	Name_GUID
Type Name	Family_GUID
Type Category	OmniClass Table 23
Component Name	GUID
System Name	System Name_GUID
System Category	OmniClass Table 21

4.3.3 COBie 手工建置資料

由於 COBie Extension 的功能限制，僅能輸出 COBie 資料中的 Contact、Facility、Floor、Space、Zone、Type、Component、System、Attribute 這 9 個表單，然

而在系統資料庫映對時還會涉及到無法輸出的表單，此時須採用手工建置的方式填入。

之所以採用手工填寫 COBie 表單的方式再做資料庫映對而不是直接建置在資料庫中的主要原因是 COBie 表單的欄位設置是經過許多專業人士研究得出，權威性較高，而在設計系統時，常常面臨的問題是需求不明確，以至於資料繁多卻難以整理出有效內容，所以採用 COBie 提供的格式，即使手工填寫依然比直接建置資料庫更加快捷。同時，本研究的重點在於充分有效得利用 COBie 資料，故在未來軟體發展的前提下，目前無法自動產出的表單有可能可以產出，故先行考慮這些表單的應用。

針對本研究的研究對象智慧建築而言，其與一般建築不太不同的地方在於一般建築的設備維護資訊是在竣工結束之後才進行整理，而智慧建築的要求是設施管理人員在建築生命週期前期就提前介入，故在竣工階段已經擁有維護方面的資訊，故可以人工填寫的表單有 Spare、Job、Resource。

第五章 案例實作與成果分析



本章節將運用本研究所設計的智慧建築設施管理系統於實際的 BIM 模型中，驗證系統的使用，同時根據資料庫的映對結果來證明 COBie 用於建置系統的可行性與便捷性，最後根據產出結果分析以 COBie 建置智慧建築設施管理系統的效益。

5.1 案例實作

本研究將以 Whole Building Design Guide(WBDG) 推薦用以測試自行開發軟體的建築模型－ Office Building 作為研究案例，如圖 5.1所示。該案例的建築類型為辦公大樓，共兩層，包含水、電、空調等系統，房間種類與區域劃分都有說明，模型大小與類型均符合本研究所需，故採用此模型作為案例實作對象。

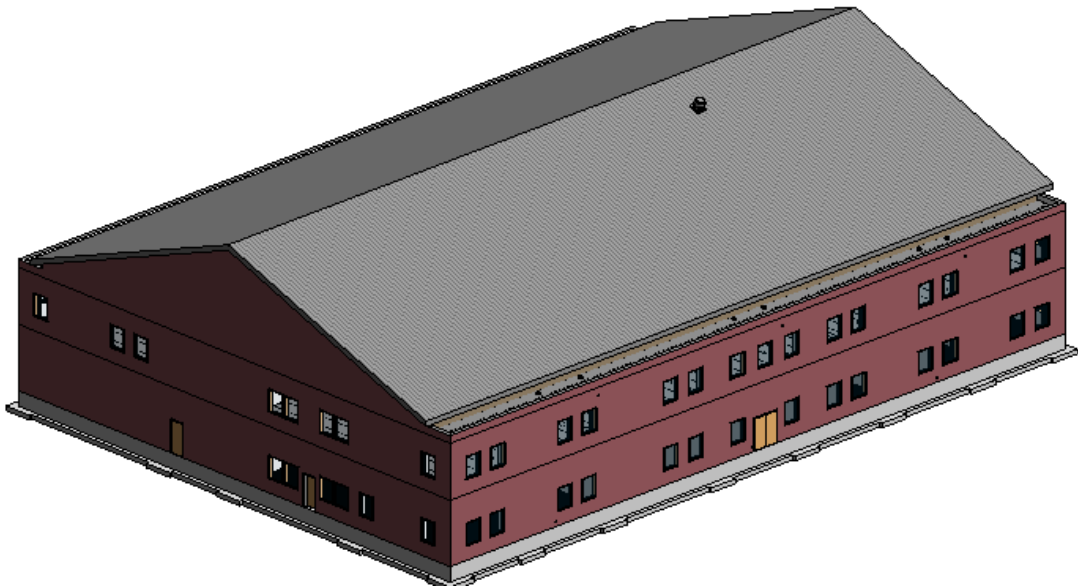


圖 5.1: 建築模型
[34]

在案例實作中，為了更明確得表達 COBie 資料的運用過程以及證明 COBie 資料用於建置系統的可行性與便捷性，以下將分別從本研究所設計的三個功能模組來展示 COBie 資料是如何從 BIM 模型中產出，又是如何運用於系統建置。



5.1.1 固定資產管理

固定資產管理的主要功能是使得使用者可以隨時獲取建築內的固定資產的狀態，故為了更好得展示 BIM 模型與 COBie 資料以及系統之間的關聯與轉換，將以某一個資產的全部資料來展示整個系統建置的流程，並展示系統功能。

5.1.1.1 COBie 資料產出

在系統建置之前，由於本研究所採用的 BIM 模型不完全具備全部所需資訊，故需要先對模型進行一些基本資料填寫。以 M_VAV Unit-Single Duct 300MM 中的編號為 37 的元件為例，將填入與該元件有關的元件、系統、類型以及空間的相關資訊，結果如圖 5.2。

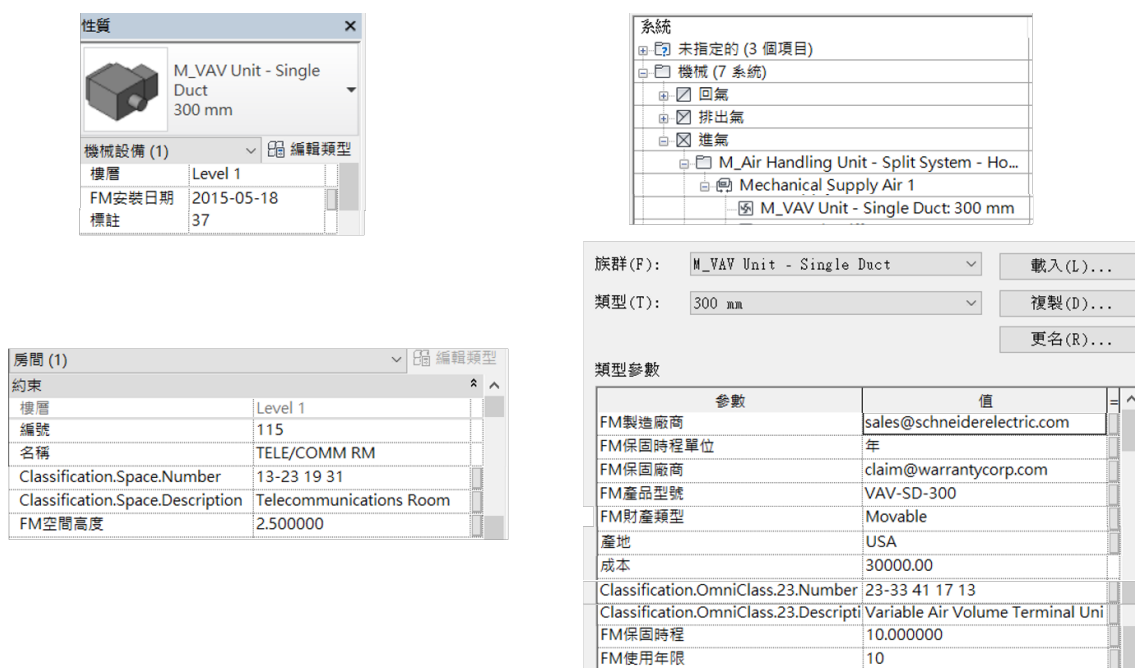


圖 5.2: BIM 模型資料填寫範例
資料來源：本研究整理

在 BIM 模型資料填寫完整後，將以 COBie Extension 匯出全部的 COBie 資料。首先第一步是建立 Contact 聯絡人，由於在固定資產管理中會涉及製造商以及保固廠商以及管理人員三種聯絡人，但在實際的竣工模型中並不會建立管理人員，故在案例實作階段針對製造商以及保固廠商各建立了兩個範例，如圖；第二步為基本參數的設定，依據上一章節的基本要求，對 Space、Type、Component、System 這四個表單的 Name 欄位以及 Category 欄位做了參數的設定，再根據系統所需資

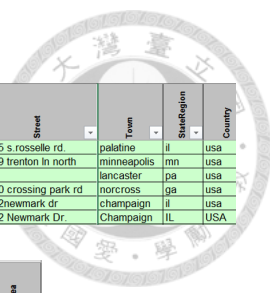
料對於 Attribute 的輸出做出了選擇，結果如圖；第三步為參數的映對，根據 BIM 模型的輸出結果以及參數映對的基本規則，最後的映對設定如圖 5.3。由於固定資產管理不涉及 ZONE 表單的內容，相關內容將於空間管理中詳述，最終產出的 COBie 資料如圖 5.4，將 COBie 資料轉換為資料庫格式的過程本研究不再詳述。

Instance	Text	Component	Description	FM產品描述
Instance	Text	Component	SerialNumber	FM產品序號
Instance	Text	Component	InstallationDate	FM安裝日期
Instance	Text	Component	TagNumber	標註
Instance	Text	Component	AssetIdentifier	FM財產編號
Instance	Text	Space	RoomTag	FM空間編號
Instance	Text	Space	UsableHeight	FM空間高度
Instance	Text	Space	RoomTag	編號
Type	Text	Type	Name	COBie.Type.Name
Type	Text	Type	Category	COBie.Type.Category
Type	Text	Type	Description	FM類型描述
Type	Text	Type	AssetType	FM財產類型
Type	Text	Type	Manufacturer	FM製造廠商
Type	Text	Type	ModelNumber	FM產品型號
Type	Text	Type	WarrantyGuaranto	FM保固廠商
Type	Text	Type	WarrantyDurationf	FM保固時程
Type	Text	Type	WarrantyDurationl	FM保固時程單位
Type	Text	Type	ExpectedLife	FM使用年限
Type	Text	Type	DurationUnit	FM時程單位
Type	Text	Type	WarrantyDescripti	FM保固說明

圖 5.3: 參數映對範例
資料來源：本研究整理

5.1.1.2 COBie 與資料庫映對

在 COBie 資料產出之後即可以進行資料庫的映對，根據第四章的分析可知，在固定資產管理資料庫的設計中，映對的順序為管理人員、製造商、保固廠商、系統和空間這六個資料表首先進行映對，然後是類型、資產資料表。在確定映對的 COBie 資料表的名稱後，按照主鍵、一般欄位、外鍵的順序依次映對。本章節



Contact													
Email	Category	Company	Phone	Department	GivenName	FamilyName	Street	Town	StateRegion	Country			
sales@schneiderelectric.com	34-35 10 11 : Manufacturer	schneider electric	8473972600	sales	n/a	n/a	1415 s.rosselle rd.	palatine	il	usa			
sales@twincity.com	34-35 10 11 : Manufacturer	twin city	7635517600	sales	n/a	n/a	5959 trenton ln north	minneapolis	mn	usa			
armstrongworld@arworld.com	34-35 10 21 11 : Product Representative	armstrong world industries,inc	78002333823	technical services	n/a	n/a	n/a	lancaster	pa	usa			
claim@warrantycorp.com	34-35 10 21 11 : Product Representative	warranty corporation of america	18665400013	n/a	n/a	n/a	3110 crossing park rd	norcross	ga	usa			
bill.east@us.army.mil	34-55 14 11 : Consultant	engineer research and development center	2173739610	u.s. army, corps of engineers	bill	east	2902newmark dr	champaign	il	usa			
danielle.r.love@usace.army.mil	34-55 14 11 : Consultant	USACE	217-373-3475	CFN	Danielle	Love	2902 Newmark Dr.	Champaign	IL	USA			

Space									
Name	Category	FloorName	ExtObject	ExtIdentifier	Room Tag	HeadHeight	GrossArea	NetArea	
TELE/COMM RM_GUID	13-23 19 31 : Telecommunications Room	Level 1	房間	206618	115	2.5	15.5515	15.5515	

Type													
Name	Category	AssetType	Manufacturer	ModelNumber	WarrantyGuaranteePart	WarrantyDurationPart	WarrantyDurationUnit	ExtObject	ExtIdentifier	ExpectedLife	DurationUnit		
M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID	23-33 41 17 13 : Variable Air Volume Terminal Units	Movable	sales@schneiderelectric.com	VAV-SD-300	claim@warrantycorp.com	10	年	機械設備	510591	10	年		

Component						
Name	TypeName	Space	ExtObject	ExtIdentifier	InstallationDate	TagNumber
GUID	M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID	TELE/COMM RM_GUID	機械設備	581222	2017-05-18	37

System				
Name	Category	ComponentName	ExtIdentifier	
Mechanical Supply Air 1_GUID	21-04 30 50 50 : HVAC Air Distribution	GUID	708455	

Attribute			
Name	SheetName	RoomName	Value
價格	Type	M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID	30000
產地	Type	M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID	USA

圖 5.4: COBie 資料輸出範例
資料來源：本研究整理

仍舊以 BIM 模型資料填寫範例為樣本，最終的映對結果如下。

一、製造商與保固廠商資料表的映對

根據第四章的結論可知，製造商與保固廠商都映對 Contact 資料表，在映對時的差別在於 Category 欄位的內容，以製造商為例，具體映對結果如圖 5.5。

二、系統與空間資料表的映對

這兩個資料表的映對相對簡單，系統資料表映對 System 資料表，空間資料表映對 Space 資料表。系統資料表的主鍵為自動編號，故無需映對，而空間資料表的主鍵編號屬於單一主鍵，可映對 Space 資料表的 RoomTag，最終映對結果如圖 5.6、圖 5.7。

三、類型資料表的映對

類型資料表主要映對 Type 資料表中 AssetType 為 Movable 的所有資料。由於映對的兩張資料表主鍵不同，類型資料表為單一主鍵型號，可映對 Type 資料表的 ModelNumber。在一般欄位的映對中，需要注意的是名稱與規格都映對 Name 欄位，因為 Name 欄位在設定時是有三項資料組成的，其中 GUID 是為了 COBie 輸



Contact	
Email	sales@schneiderelectric.com
Category	34-35 10 11 : Manufacturer
Company	Schneider electric
Phone	8473972600
Department	sales
GivenName	n/a
FamilyName	n/a
Street	1415 s.rosselle rd.
Town	palatine
StateRegion	il
Country	USA



製造商		
PK	郵箱	sales@schneiderelectric.com
	名稱	Schneider electric
	聯絡人	n/a n/a
	地址	1415 s.rosselle rd. palatine il USA
	電話	claim@warrantycorp.com

圖 5.5: 製造商映對結果範例
資料來源：本研究整理

System	
Name	Mechanical Supply AIR 1 _GUID
Category	21-04 30 50 50 : HVAC Air Distribution
ComponentNames	GUID
ExtIdentifier	708455



系統		
PK	編號	7
	名稱	Mechanical Supply AIR 1
	類別	HVAC Air Distribution
	模型編號	708455

圖 5.6: 系統映對結果範例
資料來源：本研究整理

Space	
Name	TELE/COMM RM_GUID
FloorName	Level 1
ExtIdentifier	206618
RoomTag	115



空間		
PK	編號	115
	名稱	TELE/COMM RM
	樓層	Level 1
	模型編號	206618

圖 5.7: 空間映對結果範例
資料來源：本研究整理

出方便設置，而另兩項資料中族群即填入名稱欄位，而類型則可填入規格。而類型還有兩個欄位，價格與產地並不在 Type 資料表中，故要映對 Attribute 資料表。而類型的外鍵製造商可直接填入 Type 資料表中的 Manufacturer，主要原因是由於製造商的主鍵與 Contact 主鍵一致，所以在類型資料表的外鍵映對中不會產生問題，最終的映對結果如圖 5.8。

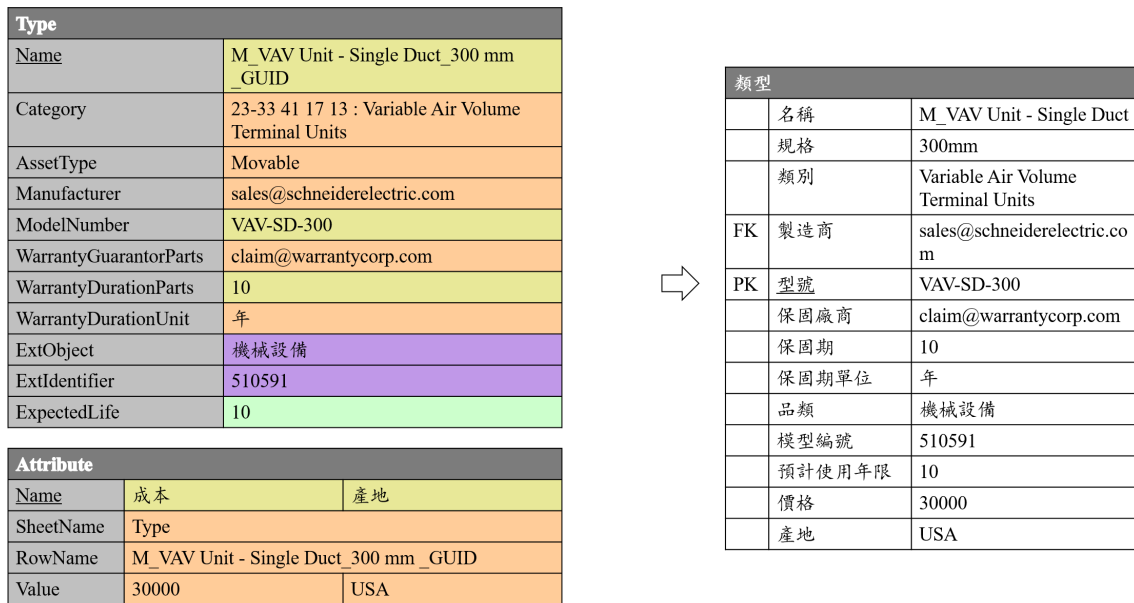


圖 5.8: 類型映對結果範例
資料來源：本研究整理

四、資產資料表的映對

資產資料表主要映對 Component 資料表，其中資產資料表採取的是複合主鍵的類型，包括編號以及外鍵型號。主鍵編號可映對 TagNumber 欄位，而外鍵型號則是根據 TypeName 欄位中的資料來搜索類型資料表中 COBie 主鍵欄位資料與之相同的型號填入，另一個外鍵空間編號的映對類似型號的映對方式。而外鍵系統編號則屬於外鍵映對中的第 2 種情況，最終的映對結果如圖 5.9。

5.1.1.3 功能展示

在資料庫設計並填寫完成後，即可運用智慧建築設施管理系統進行操作。在查詢過程中，可以依據資產的位置、系統或類型進行多重查詢，初步的結果會包含資產編號、名稱、樓層、房間、系統、型號、保管人這幾項信息，如果需要詳細信息或想在模型中查看具體位置，可點擊資產的編號即可獲取，以上述案例為

Component	
Name	GUID
TypeName	M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID
Space	TELE/COMM RM_GUID
ExtIdentifier	581222
InstallationDate	2017-05-18
TagNumber	37



資產		
PK,FK	型號	VAV-SD-300
FK	空間編號	115
	模型編號	581222
	安裝日期	2017-05-18
PK	編號	37
FK	系統編號	7

圖 5.9: 資產映對結果範例
資料來源：本研究整理

例，結果如圖 5.10。

查詢

保管位置 Level 1 | TELE/COMM RM_115
所屬系統 Mechanical Supply Air 1
類型 Variable Volume Air Terminal Units | M_VAV Unit - Single Duct

編號	名稱	樓層	保管位置	系統名稱	系統類別	型號	保管人
VAV-SD-30037	M_VAV UNIT - SINGLE DUCT	LEVEL 1	TELE/COMM RM_115	MECHANICAL SUPPLY AIR 1	HVAC AIR DISTRIBUTION	VAV-SD-300	

詳細資料

規格	300 MM
安裝日期	2017/5/18 0:00:00
產地	USA
價格	30000
預計使用年限	10
製造商	SCHNEIDER ELECTRIC
製造商聯絡人	MARIANGELICA CARRASQUILLO
製造商聯絡電話	8473972600
製造商聯絡郵箱	SALES@SCHNEIDERELECTRIC.COM
保固廠商	WARRANTY CORPORATION OF AMERICA
保固廠商聯絡人	
保固廠商聯絡電話	18665400013
保固廠商聯絡郵箱	CLAIM@WARRANTYCORP.COM
保固期	10 年

圖 5.10: 查詢介面
資料來源：本研究整理

針對該功能未來結合智慧建築中的智能設備的應用，本研究的設想如下：智能設備在出現故障或警報時，會傳送訊息到達中央監控室，然後通常情況下中央監控室與管理系統無法同步更新，此時則需要在智能設備的設計上將該設備的資產編號同時傳遞至本研究所設計系統，即可立即獲取該設備的位置以及保管人等信息，便於通知保管人以及以 3D 模型查看其位置。同時若智能設備與其他設備同屬某一系統，更可以直接獲取該系統中所有的設備並以 3D 模型顯示，便於更快捷得查找出問題或消除警報。



5.1.2 預防性維護管理

預防性維護管理的主要功能在於維護計劃的查詢以及執行，而預防性維護管理資料庫的設計與固定資產有一定相似度，故相同的內容不再贅述，主要針對維護計劃來敘述 COBie 的產出、系統資料庫的映對以及功能的展示。

5.1.2.1 COBie 資料產出

由於維護計劃等相關的 COBie 表單並不能通過 COBie Extension 輸出，故採用手工填寫的方式產出，結果如圖 5.11。

Spare				Resource		
Name	Category	TypeName	PartNumber	Name	Category	Description
空調機螺絲16mm	Part	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	25	Halide Leak Detector Kit	Tools	Grainger (HVAC) - Model No. 3JH45, Qty-1.
空調機螺絲32mm	Part	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	20			

Job												
Name	Category	TypeName	Description	Duration	DirectionUnit	Start	Frequency	FrequencyUnit	TaskNumber	Prims	ResourceName	
VAV Unit Inspection	Inspection	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	檢查電流表、電壓表、電力表、轉數表	5	分鐘	2017/5/18	1	月	1		Halide Leak Detector Kit	
VAV Unit Inspection	Inspection	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	檢查外觀表面焊接處與輪軸連接處是否有裂縫	5	分鐘	2017/5/18	1	月	2	1		
VAV Unit Inspection	Inspection	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	確認拉桿螺絲平衡	10	分鐘	2017/5/18	1	月	3	2		
VAV Unit Inspection	Inspection	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID	檢查扇葉磨損彎曲與污垢，並簡單清理	5	分鐘	2017/5/18	1	月	4	3		

圖 5.11: COBie 資料手工輸入範例
資料來源：本研究整理

5.1.2.2 COBie 與資料庫映對


根據第四章的分析可知，在預防性維護管理資料庫的設計中，映對的順序為空間、類型、系統、工具、管理人員這五個資料表首先進行映對，然後是零件、資產、定期維護計劃、定期維護項目等資料表。為避免重複，在本節僅說明工具、零件、定期維護計劃以及定期維護項目這四個資料表的映對。在確定映對的 COBie 資料表的名稱後，按照主鍵、一般欄位、外鍵的順序依次映對，最終的映對結果如下：

一、工具資料表的映對

工具資料表映對 Resource 資料表中 Category 為工具的资料，其中主鍵為自動編號，無須映對，而名稱以及用途則映對 Name 以及 Description，映對結果如圖 5.12。

二、零件資料表的映對

Resource	
Name	Halide Leak Detector Kit
Category	Tools
Description	Grainger (HVAC) - Model No. 3JH45, Qty-1.




工具		
PK	編號	1
	名稱	VAV Unit Inspection
	用途	Grainger (HVAC) - Model No. 3JH45, Qty-1.

圖 5.12: 工具映對結果範例
資料來源：本研究整理

零件資料表映對 Spare 資料表中 Category 為 Part 或者 PartSet 的欄位，其中主鍵為自動編號，無須映對，而名稱以及數量則映對 Name 以及 PartNumber，而外鍵型號則符合外鍵映對的第 1 種情況，映對結果如圖 5.13。

Spare	
Name	空調機螺絲16mm
Category	Part
TypeName	M_VAV Unit - Single Duct_300mm_GUID
PartNumber	25



零件		
PK	編號	1
FK	型號	VAV-SD-300
	名稱	空調機螺絲16mm
	數量	25

圖 5.13: 零件映對結果範例
資料來源：本研究整理

三、維護計劃與項目資料表的映對

維護計劃與維護項目兩個資料表都映對 Job 資料表中 Category 為 PM 或 Inspection 的資料，而且是映對不同的欄位，所以簡稱為 COBie 資料的拆分映對。按照順序首先需要進行定期維護計劃的映對，維護計劃的主鍵為自動編號，無需映對，而名稱、計劃週期、週期單位分別映對 Name、Frequency 以及 FrequencyUnit。再進行定期維護項目的映對，主鍵為複合主鍵，其中主鍵編號可映對 TaskNumber，另一主鍵為外鍵計劃編號，符合外鍵映對的第 1 種情況。另外還有兩個外鍵需要填入，外鍵檢查工具也符合外鍵映對的第 1 種情況，而維護人員屬於 BIM 模型無法提供之資訊，故無法映對。最後一般欄位還有步驟、花費時間、時間單位、前置項目編號分別映對 Description、Duration、DurationUnit 以及 Priors，最終映對結果如圖 5.14。

Job	
Name	VAV Unit Inspection
Category	Inspection
TypeName	M_VAV Unit - Single Duct_300 mm_GUID
Description	檢查電流表、電壓表、電力表、轉數表
Duration	5
DurationUnit	分鐘
Start	2017/5/18
Frequency	1
FrequencyUnit	月
TaskNumber	1
Priors	n/a
ResourceName	Halide Leak Detector Kit



定期維護計劃		
PK	編號	87200
	名稱	VAV Unit Inspection
	計劃週期	1
	週期單位	月

定期維護內容		
PK	編號	1
PK,FK	計劃編號	87200
FK	維護人員	NULL
FK	檢查工具	1
	步驟	檢查電流表、電壓表、電力表、轉數表
	花費時間	5
	時間單位	分鐘
	前置項目編號	n/a

圖 5.14: 維護計劃與項目映對結果範例
資料來源：本研究整理

5.1.2.3 功能展示

在維護計劃查詢過程中，可以依據資產的位置、系統或類型進行多重查詢，依照空間、系統、類型的劃分來展示計劃有哪些，初步的結果會包含資產編號、資產名稱、計劃名稱、計劃開始時間、計劃週期這幾項信息，操作介面如圖。如果需要對某一設備進行計劃的執行則可以點擊設備的編號，從而會導向檢查與保養界面，在界面中則會顯示計劃的具體步驟以及花費的時間還有需要的工具等，並在執行過程中進行勾選完成選項，介面如圖 5.155.16。

針對該功能未來結合智慧建築中的智能設備的應用，本研究的設想如下：由於智能設備的檢查與保養較一般設備而言更為複雜，故在計劃建立之初就明確記錄檢查與保養的流程與所需資源，保證每一次的保養與檢查之正確性。同時根據是否有按照計劃執行以及檢查保養所花費的時間，可統計得出維護人員的工作效率以及實際保養檢查之難度，為效能管理提供基礎數據。以實際管理過程中所發生的事件對比計劃制定時所需的資源，可判斷計劃制定的效益，有利於計劃的修改以及人員的配置管理。



預防性維護計劃

保管位置

所屬系統

類型

編號	名稱	計劃項目	計劃開始日期	計劃周期	制定人
VAV-SD-30036	M_VAV UNIT - SINGLE DUCT_300 MM	VAV UNIT INSPECTION	2017/5/18 0:00:00	1月	
VAV-SD-30037	M_VAV UNIT - SINGLE DUCT_300 MM	VAV UNIT INSPECTION	2017/5/18 0:00:00	1月	
VAV-SD-30039	M_VAV UNIT - SINGLE DUCT_300 MM	VAV UNIT INSPECTION	2017/5/18 0:00:00	1月	

圖 5.15: 維護計劃介面
資料來源：本研究整理

設備檢查保養表

設備名稱 VAV-SD-30037 M_VAV UNIT - SINGLE DUCT_300 MM

空間位置 TELE/COMM RM_115

已完成	計劃項目	步驟	花費時間	工具
<input type="checkbox"/>	VAV UNIT INSPECTION	檢查電流表、電壓表、電力表、轉數表	5	HALIDE LEAK DETECTOR KIT
<input type="checkbox"/>		檢查外殼表面焊接處與輪軸連接處是否有裂縫	5	
<input type="checkbox"/>		確認拉焊螺絲平衡	10	
<input type="checkbox"/>		檢查扇葉磨損彎曲與污垢，並簡單清理	5	

檢查日期 : 20170612

圖 5.16: 檢查保養介面
資料來源：本研究整理



5.1.3 空間管理

空間管理的主要功能在於空間的定義以及使用，而空間管理資料庫的設計與其他兩個功能項最大的不同則是空間與區域資料表，故以下將針對某一空間來敘述 COBie 的產出、系統資料庫的映對以及功能的展示。

5.1.3.1 COBie 資料產出

同固定資產管理一樣，首先需要對 BIM 模型進行一些基本資料的填寫。以 CMD CONFERENCE RM 為例，填入該空間相關資訊，結果如圖 5.17。

房間 (1) 編輯類型	
約束	
樓層	Level 1
編號	110
名稱	CMD CONFERENCE RM
Classification.Space.Number	13-55 29 21 11
Classification.Space.Description	Conference Room
FM開始時間	9:00
FM結束時間	17 : 00
FM人數限制	10
FM空間高度	2.500000

圖 5.17: BIM 模型房間資料填寫範例
資料來源：本研究整理

在 BIM 模型資料填寫完整後，將以 COBie Extension 匯出全部的 COBie 資料。開始的步驟與固定資產管理類似，但由於在這個模組還涉及到區域的輸出，故需要在 COBie Extension 的區域設置時根據建築區域劃分填寫區域的各項資訊以及區域所包含的空間，結果如圖 5.18。最後匯出的 COBie 資料如圖 5.19。

5.1.3.2 COBie 與資料庫映對

為避免重複，在本節僅映對空間與區域兩個資料表，由於空間資料表中包含外鍵指向區域資料表，故映對的順序為區域資料表優先，映對結果如下：

一、區域資料表的映對

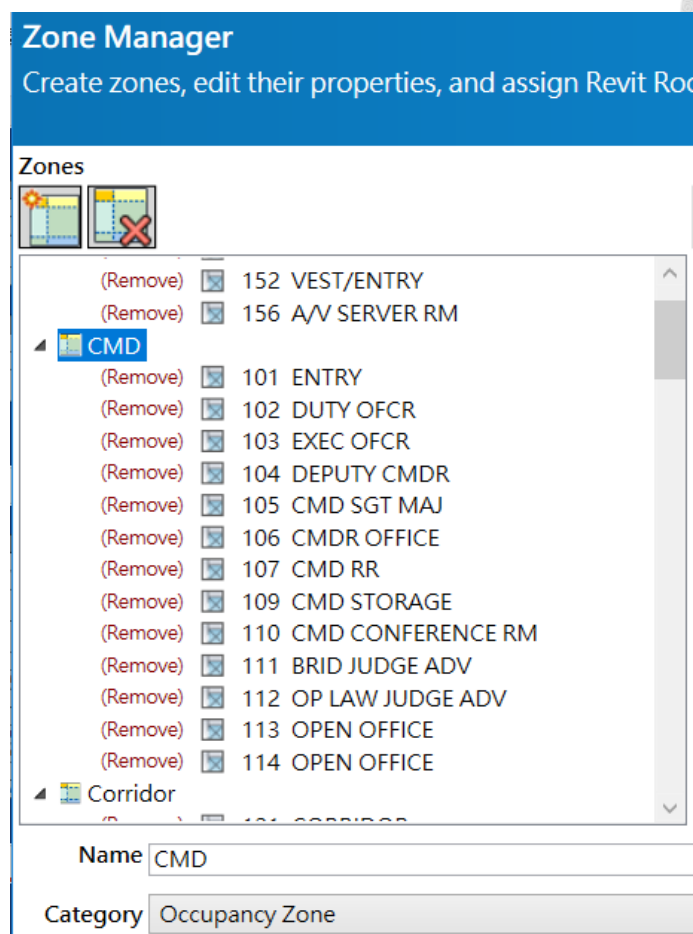


圖 5.18: 區域資料填寫範例
資料來源：本研究整理

Zone			Attribute			
Name	Category	SpaceName	Name	SheetName	RoomName	Value
CMD	Occupancy Zone	CMD CONFERENCE RM_GUID	人數限制	Space	CMD CONFERENCE RM_GUID	10
			開始時間	Space	CMD CONFERENCE RM_GUID	9:00
			結束時間	Space	CMD CONFERENCE RM_GUID	17:00

Name	Category	FloorName	ExtObject	ExtIdentifier	RoomTag	UsableHeight	NetArea
CMD CONFERENCE RM_GUID	13-55 29 21 11 : Conference Room	Level 1	房間	206548	110	2.5	55.1821

圖 5.19: COBie 資料輸出範例
資料來源：本研究整理

區域資料表直接映對 Zone 資料表，其中主鍵為自動編號無需映對，名稱與類別分別映對 Name 與 Category，映對結果如圖 5.20。

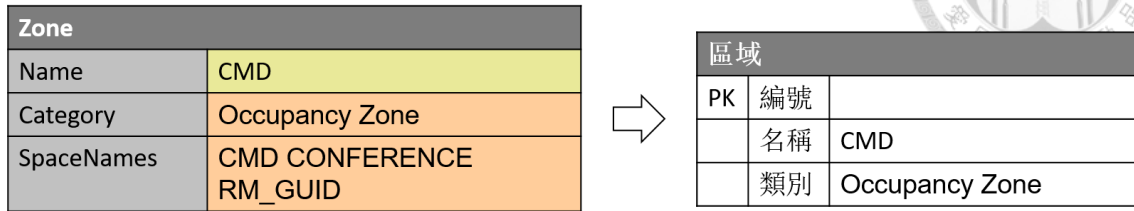


圖 5.20: 區域映對結果範例
資料來源：本研究整理

二、空間資料表的映對

空間資料表主要映對 Space 資料表，其主鍵為單一主鍵，可映對 RoomTag 欄位。而空間的外鍵有兩個，一個是管理人員，一個是區域編號。外鍵管理人員不屬於 BIM 模型所含資訊，故無法映對，而外鍵區域編號的映對則屬於外鍵映對的第 2 種情況，其他一般欄位例如樓層、面積、層高則分別映對 FloorName、NetArea、UsableHeight，而名稱則映對 Name 欄位中下劃線之前的內容，而類別則映對 Category 欄位中冒號之後的內容。還有人數限制、開始時間、結束時間這三個欄位在 Space 資料表中沒有可以映對的欄位，則需要從 Attribute 資料表中進行映對，最終的映對結果如圖 5.21。



圖 5.21: 空間映對結果範例
資料來源：本研究整理



5.1.3.3 功能展示

在空間查詢過程中，可依據空間所在樓層、所屬類別、所屬區域進行多重查詢，初步的結果會包含空間編號、名稱、類別、樓層、面積與層高，如需要了解其使用方面的規定或其中包含的設備或想在模型中查看空間所處的具體位置，則可以通過點擊空間編號來進行查看，以上所描述的功能介面如圖 5.22。

The screenshot displays a software interface for space management. It is divided into several sections:

- 公共空間一覽表 (Public Space Overview):** Contains search filters for '樓層' (Level 1), '類別' (Conference Room), and '區域' (CMD). It includes '清空' (Clear) and '搜索' (Search) buttons.
- Table:** A table with columns: 房間編號 (Room No.), 名稱 (Name), 類別 (Category), 樓層 (Level), 面積 (Area), and 層高 (Height). The first row shows: 110, CMD CONFERENCE RM_110, CONFERENCE ROOM, LEVEL 1, 55.1821, 2.5.
- Diagram:** A floor plan view showing a highlighted conference room area within a larger room layout.
- 使用規定 (Usage Specifications):** A table with three rows: '人數限制' (Person Limit) is 10; '可用時段' (Available Time) is 09:00:00-17:00:00; '管理員' (Administrator) is empty.
- 主要設備 (Main Equipment):** A list of equipment items: M_LIGHTING SWITCHES_SINGLE POLE_3, M_PLAIN RECESSED LIGHTING FIXTURE_600x1200-120_120, M_PLAIN RECESSED LIGHTING FIXTURE_600x1200-120_121, and M_PLAIN RECESSED LIGHTING FIXTURE_600x1200-120_122.

圖 5.22: 空間查詢介面
資料來源：本研究整理

針對該功能未來結合智慧建築中的智能設備的應用，本研究的設想如下：當空間需要進行使用用途變更時，可能需要對其內部設備進行改變，採用查詢介面可獲取該空間內所有的設備，以便更好得利用這些設備；而在空間使用過程中，結合使用人數、時間以及能源消耗對比原定設計情況，可計算空間利用率以及設備使用率，以便進行更好的空間能效管理；同時還可以結合監控設備判斷空間使用的實際情況，以便於更改原定空間使用規範等。

5.2 成效分析

通過案例實作，嘗試將 BIM 模型中建置的資料通過 COBie 資料格式傳遞給智慧建築設施管理系統。為判斷以本研究所提出的方式來建置設施管理系統的成效，以下將從系統功能以及 COBie 資料的應用兩個方面進行分析。



5.2.1 系統功能成效分析

以智慧建築設施管理要求而言，對於固定資產管理的功能要求是在任何時點均可了解設備的數量、價值、運轉狀態、履歷記錄，通過案例實作可看出，本研究所開發的固定資產管理功能模組，基於竣工階段資料，以 WEB 介面達到可隨時隨地查看設施內所有的設備資訊，包括數量與價值，並結合 BIM 模型查看資產在模型中的位置，基本達到固定資產管理的要求。

而對於設備維護管理的功能要求則包括針對設備分析其日常、定期、臨時等管理維護方式與重點內容，制訂保養維修年度計劃以及長期修繕計劃，透過電腦軟體將相關作業程序與管理單位的工作檢查和監督進行集中化、有序化、資訊化的科學管理，整合建築資訊模型等。本研究所開發的預防性維護管理功能模組中分為計劃查詢與計劃執行兩個功能，由案例實作可知，計劃查詢功能基本滿足了查詢保養維修年度計劃以及長期修繕計劃的要求，而計劃的執行則展示了定期維護方式以及重點內容，以竣工階段可獲取資料而言，基本達到維護功能的要求。

空間管理的功能要求包括使用規範設定、預約使用登記、使用狀況統計等，本研究所開發的空間管理功能模組通過空間查詢可獲取空間的使用規範。

在經過專家訪談之後，專家普遍認為就功能而言較為簡單，可再強化。例如固定資產管理中，可針對廠商、合約等設計管理功能，以及將查詢功能與其他功能做整合；而對於預防性維護管理的功能方面應該增加定期維護的排程以及定時提醒等功能，更好得突顯 COBie 資料的作用；而在空間管理中，對於空間內所含的設備應做區別，而不是簡單的羅列，並且建議增加 2D 圖紙的查看等；而無論是固定資產或是空間，都應該加入清冊產出的功能。

綜上所述，本研究所開發的智慧建築設施管理系統雛形可達到的功能如下：

1. 設施內所有的固定資產的基本資訊的查詢
2. 維護計劃以及定期保養檢查內容的查詢
3. 空間定義以及使用規範的查詢



5.2.2 COBie 資料成效分析

在建置智慧建築設施管理系統的過程中，共經過 4 個過程，分別是建置 BIM 模型、匯出 COBie 資料、映對 COBie 資料到資料庫、運用系統讀取資料庫。以固定資產的案例實作為例，圖 5.2 為 BIM 模型的資料截圖，圖 5.4 展示了最終匯出的 COBie 資料，圖 5.5、圖 5.6、圖 5.7、圖 5.8、圖 5.9 表達了 COBie 資料的映對結果，圖 5.10 則展示了固定資產的查詢介面。現將這些圖中所展示的內容進行條列整理，以系統最終展示內容為基礎，分別列出對應的 COBie 欄位以及 BIM 模型資料，整理如表 5.1。

而在預防性維護管理中，圖 5.11 展示了最終匯出的 COBie 資料，圖 5.12、圖 5.13、圖 5.14 表達了 COBie 資料的映對結果，圖 5.15、圖 5.16 則展示了預防性維護計劃的查詢介面以及保養與檢查記錄介面。以系統最終展示內容為基礎，分別列出對應的 COBie 欄位以及 BIM 模型資料，整理如表 5.2。

而在空間護管理中，圖 5.17 為 BIM 模型的資料截圖，圖 5.19 展示了最終匯出的 COBie 資料，圖 5.20、圖 5.21 表達了 COBie 資料的映對結果，圖??則展示了空間查詢介面。以系統最終展示內容為基礎，分別列出對應的 COBie 欄位以及 BIM 模型資料，整理如表 5.3。

從系統展示這一欄與 COBie 欄位的對比可以發現，查詢過程中所需的資料除了保管人、管理人等這種維運過程中才可能產生的資料以外都可從 COBie 資料中獲取，然而 COBie 資料與 BIM 模型的對比可以發現人工填寫的 Job 資料表以及 COBie Extension 輸出的 Contact、Zone 資料表的資料無法從 BIM 模型中獲取。另外由於在資料庫映對時，本研究對於文件的管理方式未有更深入得了解，故沒有針對文件進行映對，導致在三個功能項中都無法顯示與之相關的文件檔案。

由案例實作以及上述比對可以總結運用 COBie 於智慧建築設施管理系統的優點如下：

優點 1. BIM 模型中所有非幾何資料都可以通過 COBie 資料匯出，且依需求可選擇輸出內容，輸出過程方便快捷；

優點 2. 將 COBie 資料以資料庫方式映對系統資料庫的方式可以保證填入資料正確，無需手動填寫資料可節約系統建置時間；

優點 2. 通過 COBie 資料主要輸出非幾何資料，但卻可以通過輸出的模型 ID



表 5.1: 固定資產管理欄位映對總表
資料來源：本研究整理

固定資產查詢	COBie		BIM模型
製造商	Contact: Company		
製造商聯絡人	Contact: FamilyName		
	Contact: GivenName		
製造商聯絡電話	Contact: Phone		
保固廠商	Contact: Company		
保固廠商聯絡人	Contact: FamilyName		
	Contact: GivenName		
保固廠商聯絡電話	Contact: Phone		
製造商聯絡郵箱	Type: Manufacture	Contact: Email	類型: FM製造廠商
保固廠商聯絡郵箱	Type: WarrantyGuarantorParts		類型: FM保固廠商
保固期	Type: WarrantyDurationParts		類型: FM保固時程
	Type: WarrantyDurationUnit		類型: FM保固時程單位
預計使用年限	Type: ExpectedLife		類型: FM使用年限
品類	Type: : Category		
規格	Component: TypeName	Type: Name	類型
資產名稱			族群
型號	Type: ModelNumber		類型: FM產品型號
資產編號	Component: TagNumber		元件: 標註
安裝日期	Component: InstallationDate		元件: FM安裝日期
保管位置	Component: Space	Space: Name	房間: 名稱
	Space: RoomTag		房間: 編號
樓層	Space: FloorName		房間: 樓層
系統名稱	System: Name		系統
系統類別	System: Category		
產地	Attribute: Value		類型: 產地
價格			類型: 成本
保管人			



表 5.2: 預防性維護管理欄位映對總表
資料來源：本研究整理

預防性維護計劃	COBie		BIM模型
樓層	Space: FloorName		房間：樓層
保管位置	Component: Space	Space: Name	房間：名稱
	Space: RoomTag		房間：編號
系統名稱	System: Name		系統
品類	Type: : Category		
型號	Type: ModelNumber		類型：FM產品型號
資產編號	Component: TagNumber		元件：標註
資產名稱	Component: TypeName	Type: Name	族群
計劃項目	Job:Name		
計劃開始日期	Job:Start		
計劃週期	Job:Frequency		
	Job:FrequencyUnit		
制定人			
設備檢查保養記錄			
計劃步驟	Job:Description		
花費時間	Job:Duration		
	Job:DurationUnit		
工具	Resource:Name		

表 5.3: 空間管理欄位映對總表
資料來源：本研究整理

空間查詢	COBie		BIM模型
樓層	Space: FloorName		房間：樓層
空間類別	Space:Category		房間：Classification
區域	Zone:Name		
房間編號	Space: RoomTag		房間：編號
房間名稱	Space: Name	Zone:SpaceName	房間：名稱
面積	Space:NetArea		房間：
層高	Space:UsableHeight		房間：FM空間高度
人數限制	Attribute:Value		房間：FM人數限制
可用時段			房間：FM開始時間
			房間：FM結束時間
主要設備	Component: TypeName	Type: Name	族群
管理員			

與 3D 模型鏈接；

缺點 1. 使用 COBie 資料格式輸出資料對於 BIM 模型的要求比較多，建議從生命週期初始階段就開始使用 COBie；

缺點 2. COBie 資料所包含的資料類型並不明確，在資料庫映對過程中可能會發生資料類型不符合而需要調整系統資料庫設計等情況。



第六章 結論與建議



6.1 結論

本研究的研究目的是以達到智慧建築設施管理的需求為目標，在建築生命週期前期使用 BIM 模型進行設計與施工的前提下，以 COBie 資料格式讀取模型非幾何資料，建置 web 化的設施管理平台雛形。

首先通過文獻回顧對 COBie 格式以及相關研究做簡單梳理，並通過對台灣、香港以及中國大陸的智慧建築指標的學習建立智慧建築設施管理系統的基本架構。並選擇從固定資產管理、預防性維護管理以及空間管理三個功能角度出發，分析管理流程與資料需求，建立系統資料庫，利用 ASP.NET 語言建立了固定資產查詢以及報廢、設備預防性維護計劃查詢以及執行、空間定義與使用規定查詢以及公共空間申請等網頁操作介面進行資料庫的讀取動作。

而為了證明以 COBie 資料格式產出的 BIM 模型資訊適用於系統需求，首先以 COBie Extension 工具匯出完整 COBie 資料，再通過對 COBie 資料欄位的填寫內容以及格式架構的分析與研究，嘗試將 COBie 資料轉換為資料庫格式並與系統資料庫進行映對，總結出映對過程中可能發生的情況。

通過案例實作的方式，將實際 BIM 模型中的資料以 COBie 資料格式轉換於系統應用，並展示系統，證明了採用 COBie 資料格式可完整輸出滿足系統建置的基本資訊需求的 BIM 模型資料，並與 BIM 模型進行互動，基本達到了本研究的目的。

本研究的主要貢獻為完整分析了 COBie 資料欄位的內容並從資料庫的架構來解讀 COBie 資料格式，證明了 COBie 資料應用於智慧建築設施管理系統的可行性，整理總結了 COBie 運用於智慧建築設施管理系統的主要特征。

6.2 建議與後續研究

鑒於本研究的研究限制有以下兩點：

1. 不考慮運營維護過程中產生的資料或 COBie 的變更；
2. 功能上僅設計與 COBie 有關之資料讀取功能。

而在 COBie 的使用過程中發現，要使 COBie 更便捷得導入管理系統資料庫，需從生命週期的前期對於各項資料的填寫以及分類方式設計明確的填寫規範，所以本研究對後續研究之建議如下：

1. 可以以本研究所建立智慧建築設施管理系統架構為基礎，研究本研究未曾開發之系統與 COBie 結合之可能性；

2. 在資料庫的映對過程中，本研究主要針對內容進行映對，未考慮資料類型的映對情況，建議未來可針對資料類型的映對進行探討；

3. 由於本研究僅針對竣工階段的資訊，未來可考慮結合運營維護過程中可能產生的設備監控數據以及及時反饋信息，與 BIM 模型連動的方式；


4. 本研究僅驗證 COBie 資料可以獲取 BIM 模型的元件編碼用以識別模型元件，但未能將 BIM 模型以圖臺形式放置於系統中，建議後續研究可以探討如何將 BIM 模型網絡化；


5. 經過本研究的討論可知，如果希望更快速得產出 COBie 資料并運用於系統中，需在生命週期前期就設定資料規範，未來可以探討規範的建立以及建立方式等。

參考文獻



- [1] Burcin Becerik-Gerber, Farrokh Jazizadeh, Nan Li, and Gulben Calis. Application areas and data requirements for bim-enabled facilities management. *Journal of construction engineering and management*, 138(3):431–442, 2011.
- [2] 劉以晨. 以 cobie 協助智慧建築的設施管理資訊交付之效益. 臺灣大學土木工程學研究所碩士論文, 2016.
- [3] United states-national building information modeling standard. <https://www.nationalbimstandard.org/>, 2012.
- [4] N Nisbet. *Cobie-uk-2012: Required information for facility ownership*. AEC3, 2012.
- [5] 陳伯勳何明錦, 廖慧燕等. 智慧建築評估手冊 2016 年版. 內政部建築研究所, 2016.
- [6] WE East. Construction operations building information exchange. *USACE ERDC*, 2007.
- [7] 涂鶴齡. 智慧辦公建築設施管理機制之研究. 中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文, 2007.
- [8] P. Teicholz. *BIM for Facility Managers*. Wiley, 2013.
- [9] 張岸璧. 智慧綠建築專案管理評估系統之研發. 中央大學土木工程學系碩士論文, 2013.
- [10] 陆伟良等. 智能建筑发展方向的探讨. *低压电器*, (18):1–4, 2007.
- [11] 溫伯銀等. *GB/T50314 智能建築設計標準 [S]*. 中華人民共和國建設部, 2015.
- [12] CY Yiu et al. *The Intelligent Building Index Manual-version 4.0*. Asian Institute of Intelligent Buildings, 2009.
- [13] Ifma 官方網站. <https://www.ifma.org/>, 2017.

- 
- [14] 楊冠雄等. 建築物設備使用管理計畫與節能效益評估. 內政部建築研究所籌備處, 1994.
- [15] Gregory P Sullivan, Ray Pugh, Aldo P Melendez, and WD Hunt. O&m best practices-a guide to achieving operational efficiency (release 2.0). 2004.
- [16] Archibus 官方網站. <http://www.archibus.com/>, 2017.
- [17] Fm:system 官方網站. <https://fmsystems.com/>, 2017.
- [18] GSA. *BIM Guide For Facility Managerment*. The National 3D-4D-BIM Program Office of Design and Construction, 2011.
- [19] Cabinet Office. *Government Construction Strategy*. UK Cabinet Office, 2011.
- [20] 陳建忠等. 臺灣 cobie-tw 標準與使用指南規劃與雛型建置. 內政部建築研究所工程技術組, 2015.
- [21] 李佳融. Cobie 為基礎之 bim 設施管理資訊交付模式—以故障維護管理為例. 國立成功大學土木工程學系碩士論文, 2004.
- [22] 蘇郁智. 建置 bim-based 設施維護管理整合模式與系統之研究. 國立臺北科技大學工程科技研究所博士論文, 2014.
- [23] 李兆平. 建築設施在營運與維護階段資訊共享-以學校教室為例. 國立交通大學土木工程系碩士論文, 2001.
- [24] 李宜謙. 建築資訊模型 (bim) 應用於物業管理之研究—以設備維護管理為例. 國立臺北科技大學土木與防災研究所碩士論文, 2010.
- [25] 簡睿永. 應用 bim 於設施管理的方式—以消防安全設備預防性維護為例. 國立台灣科技大學建築系碩士論文, 2014.
- [26] Firas Shalabi and Yelda Turkan. Ifc bim-based facility management approach to optimize data collection for corrective maintenance. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, page 04016081, 2016.

- 
- [27] Sarel Lavy and Salil Jawadekar. A case study of using bim and cobie for facility management. *International Journal of Facility Management*, 5(2), 2014.
- [28] 溫秀玲. 建築物設施管理維護關鍵績效指標之研究. 內政部建築研究所, 2006.
- [29] 內政部營建署. 智慧建築設計技術參考規範. 內政部營建署, 2012.
- [30] E-r model 介紹. <http://bit.csc.lsu.edu/~chen/chen.html>, 2017.
- [31] microsoft 資料庫學習網站. <https://support.microsoft.com/zh-tw/help/283878/description-of-the-database-normalization-basics>, 2017.
- [32] w3school 程式學習網站. <http://www.w3school.com.cn/>, 2017.
- [33] Bim interoperability tools 官方網站. <http://www.biminteroperabilitytools.com/>, 2017.
- [34] Wbdg 官方網站 cobie 介紹. <https://www.wbdg.org/resources/construction-operations-building-information-exchange-cobie>, 2017.