

國立交通大學

土木工程學系
碩士論文

以績效評估建構建築設備維護資料倉儲系統之研究

A Data Warehouse System for Building Equipment Maintenance

Based on Performance Evaluation



研究生：李柏勳

指導教授：曾仁杰 博士

中華民國九十六年六月

以績效評估建構建築設備維護資料倉儲系統之研究

研究生：李柏勳

指導教授：曾仁杰 博士

國立交通大學土木工程學系（研究所）碩士班

摘要

近年來建築設施的維護管理逐漸受到社會重視，設備運轉效率也會反映在維護成本效益上，而建築設備的維護績效須兼顧經濟性與機能性等層面，但背後牽涉的影響因素往往過於複雜且衡量不易，考驗維護管理者的決策判斷，加上實務上的維護過程多未能有效記錄與探討，故本研究以績效評估為基礎來建構決策支援系統模式，應用資料倉儲（Data Warehouse, DW）達到決策查詢導向（Decision-oriented）的目的。

蒐集調查建築設備適用的維護績效指標(Performance indicators)與影響因子(Impact factors)，以及維護管理者關心的資料類型。建構日常維護作業的資料庫，也就是線上交易處理資料庫（On-Line Transaction Process, OLTP），如此可透過資料萃取轉換載入（Extraction Transformation Loading, ETL）等步驟，將線上交易處理資料庫內的資料載入到以星狀綱要（Star schema）及雪花狀綱要（Snowflake schema）為其設計架構的資料倉儲中，並建立多維度（Multidimension）的資料方體（Data cube），再利用線上分析處理（On-Line Analytical Process, OLAP）技術，依決策需求快速彈性地取得所需的資訊。並可透過 MS-Excel 中的樞紐分析表功能，將資料利用前端工具瀏覽的視覺化（Visualization）方式呈現資訊，以提昇決策品質及時效。

維護管理者可依據所關心之事實(Fact)及觀看資料的角度(View)，以多維的方式瀏覽資料，整理維護成本及設備效能這兩大類型績效指標，觀察各影響因子對維護績效指標值的變化，並對關鍵影響因子採取應對策略。透過本研究，與建築設備維護相關之績效評估模式及資料倉儲決策支援系統將被建立，此成果提供業界在系統設計時能有一參考模型，以縮短系統建置時間，並改善維護效率與經濟性。

關鍵詞：建築設備、維護管理、資料倉儲、績效評估

A Data Warehouse System for Building Equipment Maintenance Based on Performance Evaluation

Student : Po-Hsun Li

Advisor : Dr. Ren-jye Dzeng

Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

Abstract

Recently maintenance management of facility is more important to society; the equipment working affect cost-benefit about maintenance. But maintenance performance on building equipment must consider economic and capability. The impact factor is not only complex but also diffical to measure as a rule. It is a challenge for maintenance manager. And that most maintenance process is unable to record and analyze. The purpose of this research is to support “Decision-oriented” query using “Data Warehouse”, and build “Decision Support System” based on “Performance Evaluation”.

Collection performance indicators apply to buiding equipment, as well as data type for decision makers care. Building database of day-to-day maintenance work. It is called “OLTP” (On-Line Transaction Process) that make data to “ETL”(Extraction Transformation Loading). Converting and loading data from database of OLTP to data cube of multidimension deciding on “Star schema” or “Snowflake schema”. Than we can Using “OLAP”(On-Line Analytical Process) technology to get real time “Decision-oriented” data flexibility. Finally user interface can make more visualization on data browsing, that using Pivot Table function of MS-Excel to advance quality and efficiency of decision.

Maintenance decision maker can browse data based on Multidimension mode according as fact and view. Collating type of performance indicators for maintenance cost and equipment efficiency. Observing the affected variation for impact factors to maintenance performance. And than we can adopt action aimed the important impact factors. This research will building DSS of “Data Warehouse” for building equipment maintenance based on “Performance Evaluation” mode. The effort provide to design system for reference on actual situation. So that it can abridge time on building system, and improve on equipment economic and capability.

誌謝

短暫而充實的碩士生活即成回憶，首先要感謝曾仁杰教授在這兩年來的悉心指導。在論文撰寫過程中，老師在百忙中仍抽空定期與學生 Meeting，在學術文獻、資訊科技及撰寫邏輯上提供許多寶貴的觀念與建議，教育我以耐心而嚴謹的態度來面對研究，使得論文得以完整的成形。

另外要感謝交通大學營繕組王旭斌組長，使得論文的修正方向更為具體；與鄭水樹大哥提供機電維護的相關資訊，並給予許多熱心的協助，使得本論文更貼近實務。

感謝同窗好友名修與小輪這兩年的鼓勵與支持，以及研究室其他同學的關心與磨練，使得我更向上提升能力及強化處事態度。此外，感謝碩一照顧過我的學長姐們，與碩二協助過我的學弟妹們，讓研究室氣氛是溫馨的，無形間也舒解了平日撰寫論文緊繃的心情，讓我的研究所生涯劃下完美的句點。

另外還要感謝所有默默支持我的人，給予我精神上與實質上很大的鼓勵，讓我心情在谷底時還能有新的力量持續向上；以及對我有高度信任與期許的人，讓我具有堅持到底的決心，也對未來遙遠漫長的人生道路，更有挑戰的衝勁。

謹以本論文獻給我的爸爸媽媽及妹妹，感謝他們讓我在無後顧之憂下順利完成我的碩士學位。最後，與我所認識的人以及認識我的人一同分享畢業的喜悅。

李柏勳 謹誌於

國立交通大學土木工程所

營建管理研究室

中華民國九十六年八月

目錄

第1章	緒論	1
1.1	研究動機	1
1.2	研究目的	2
1.3	研究方法	2
1.4	研究流程	3
1.5	研究架構	4
第2章	文獻回顧	5
2.1	建築設備維護	5
2.1.1	建築設備範圍	5
2.1.2	建築設備劣化與維護	6
2.1.3	設施管理與設備維護	8
2.1.4	設備維護策略與制度	10
2.1.5	設備維護管理系統發展	11
2.2	維護績效評估	13
2.2.1	績效評估涵義	13
2.2.2	績效評估目的	14
2.2.3	維護績效指標	15
2.2.4	績效指標建立程序	22
2.2.5	維護績效影響因子	24
2.3	資料倉儲	27
2.3.1	資料倉儲定義	27
2.3.2	資料倉儲發展	28
2.3.3	資料倉儲架構	31
2.3.4	多維度資料模型	33
2.3.5	線上分析處理	34
2.4	小結	37
第3章	決策支援系統模式	38
3.1	系統需求分析	38
3.1.1	使用者需求	38
3.1.2	現況概述	39
3.1.3	資料儲存工具	40
3.1.4	資料儲存適用性比較	41

3.1.5	決策分析工具比較	42
3.2	系統架構	44
3.3	系統發展步驟	46
3.4	績效評估發展	47
3.4.1	決定設備維護策略	47
3.4.2	設定維護績效衡量目標	48
3.4.3	發展維護績效指標	49
3.4.4	分析績效影響因子	50
3.5	資料倉儲流程	52
3.5.1	彙整現有OLTP系統	52
3.5.2	建構資料模型	53
	選定事實資料與維度資料	53
	一般性量度與衍生性量度	54
	維度層級	55
	資料綱要	56
	資料移動與轉換	57
3.5.3	建置OLAP伺服器	58
3.6	績效分析方式	59
3.7	小結	62
第4章	系統實作	63
4.1	實作環境	63
4.1.1	案例說明	63
4.1.2	資料來源	64
4.1.3	開發工具	66
4.2	彙整現有OLTP資料	67
4.3	線上分析處理	69
4.3.1	Analysis Service簡介	69
4.3.2	OLAP 資料方體建置	69
4.3.3	Cube類型	70
4.3.3.1.	Cost Cube	70
4.3.3.2.	Asset Cube	73
4.3.3.3.	MTBF Cube	74
4.3.3.4.	MTTR Cube	76
4.3.3.5.	Availability Cube	78
4.4	動態操作說明	80

4.5	小結	82
第5章	個案分析	83
5.1	維護成本績效分析	84
5.1.1	維護費績效分析	84
5.1.2	採購費	89
5.1.3	小結	93
5.2	設備效能績效分析	94
5.2.1	可靠度績效分析	94
5.2.2	維護度績效分析	99
5.2.3	可用度績效分析	103
5.2.4	小結	105
第6章	結論與建議	106
6.1	結論	106
6.2	後續研究建議	107



圖目錄

圖 1、研究流程圖	3
圖 2、建築設備類型總覽	5
圖 3、設備故障頻率曲線	7
圖 4、建築設備劣化與維護更新	7
圖 5、設備維護管理作業程序	9
圖 6、維護程度與成本關係	11
圖 7、維護管理系統發展史	12
圖 8、績效回饋系統模式	14
圖 9、佔用係數（一年的維護消費比率）模型	25
圖 10、資料庫技術發展	29
圖 11、資料倉儲架構	31
圖 12、銷售之星狀維度模型	34
圖 13、校園設備維修資料方體	35
圖 14、上鑽示意圖	35
圖 15、深耕示意圖	36
圖 16、切片示意圖	36
圖 17、切丁示意圖	36
圖 18、轉軸示意圖	36
圖 19、決策系統架構	45
圖 20、系統發展步驟	46
圖 21、設備維護績效之特性要因圖	50
圖 22、電腦維護管理系統所涵蓋範圍	52
圖 23、本資料倉儲系統之資料綱要	56
圖 24、MOLAP 的ROLAP 比較圖	58
圖 25、績效指標與影響因子之矩陣關係	59
圖 26、績效指標與影響因子關係	60
圖 27、績效指標變化示意圖	60
圖 28、影響因子之層級結構與對應績效值	61
圖 29、不同影響因子與對應績效值	61
圖 30、建築設備維護管理資料庫關聯圖	67
圖 31、建築設備維護之資料方體與維度	69
圖 32、Cost 雪花式綱要	71
圖 33、Cost Cube 線上分析處理資料查詢示範	72
圖 34、Asset 雪花式綱要	73
圖 35、Asset Cube 線上分析處理資料查詢示範	74
圖 36、MTBF 雪花式綱要	75

圖 37、MTBF Cube線上分析處理資料查詢示範	76
圖 38、MTTR雪花式綱要	77
圖 39、MTTR Cube線上分析處理資料查詢示範	77
圖 40、Availability雪花式綱要	78
圖 41、Availability Cube線上分析處理資料查詢示範	79
圖 42、維護費相關維度與層級示意圖	80
圖 43、上鑽示意圖	80
圖 44、深耕示意圖	81
圖 45、以時間分析維護費績效	84
圖 46、以設備壽命分析維護費績效	85
圖 47、以建物分析維護費績效	85
圖 48、以設備類型分析維護費績效	86
圖 49、以品牌規格分析維護費績效	86
圖 50、以維護策略分析維護費績效	87
圖 51、以時間與建物追查維護費績效	87
圖 52、以設備類型追查維護費績效	88
圖 53、以維護策略追查維護費績效	88
圖 54、以品牌規格追查維護費績效	89
圖 55、以設備壽命分析採購費績效	90
圖 56、以建物分析採購費績效	90
圖 57、以設備類型分析採購費績效	91
圖 58、以品牌規格分析採購費績效	91
圖 59、以建物與設備類型追查採購費績效	92
圖 60、以設備壽命追查採購費績效	92
圖 61、以品牌規格追查採購費績效	93
圖 62、以曲線圖追查電容量與採購費績效關係	93
圖 63、以時間分析可靠度績效	94
圖 64、以設備壽命分析可靠度績效	95
圖 65、以設備類型分析可靠度績效	95
圖 66、以品牌規格分析可靠度績效	96
圖 67、以維護策略分析可靠度績效	96
圖 68、以維修保養分析可靠度績效	97
圖 69、以時間及設備類型追查可靠度績效	97
圖 70、以維護策略追查可靠度績效	98
圖 71、以設備壽命與品牌規格追查可靠度績效	98
圖 72、以維修保養追查可靠度績效	99
圖 73、以時間分析維護度績效	99
圖 74、以設備壽命分析維護度績效	100

圖 75、以設備類型分析維護度績效	100
圖 76、以品牌規格分析維護度績效	101
圖 77、以維護策略分析維護度績效	101
圖 78、以維修保養分析維護度績效	102
圖 79、以時間、設備類型與維護策略追查維護度績效	102
圖 80、以品牌規格及設備年齡追查維護度績效	103
圖 81、以時間分析可用度績效	103
圖 82、以設備壽命分析可用度績效	104
圖 83、以維護策略分析可用度績效	104



表目錄

表 1、各類型建築之設備項目比較	6
表 2、設備維護管理績效指標一覽	16
表 3、保養績效指標	17
表 4、保養效果測定之衡量指標	18
表 5、杜邦公司保養績效十二項指標	20
表 6、維護績效指標一覽表	21
表 7、績效指標之影響因子	25
表 8、維護預算影響因子	26
表 9、OLTP與OLAP系統的比較	30
表 10、建築設備維護資料儲存工具比較表	40
表 11、建築設備維護決策之資料儲存工具適用性比較	41
表 12、本系統採用分析工具之決策支援功能整合與比較	42
表 13、績效指標類型之相關研究	47
表 14、建物設備維護績效指標	49
表 15、兩大績效類型之影響因子	51
表 16、影響因子轉換為維度資料	54
表 17、維護目標與維度資料矩陣表	54
表 18、維護成本事實量度	55
表 19、設備效能事實量度	55
表 20、維度層級與參數對照	56
表 21、95 與 96 年交大各系館設備委外維護一覽	64
表 22、績效指標評量之資料來源	65
表 23、影響要因之資料來源	65
表 24、開發環境需求	66
表 25、資料表之虛擬資料說明	68
表 26、資料轉換計算欄位	68
表 27、績效指標與相關維度資料	83

第1章 緒論

1.1 研究動機

近年來建築設施的維護管理逐漸受到社會重視，而內部設備的服務品質直接影響到建物使用者的安全、便利、健康與舒適，設備運轉效率也會反映在維護成本效益上，隨著生活機能需求及建設擴張所造成建築設備的龐大與複雜化，更須對維護績效加以控管與監督，以免短拙有限的預算威脅到設備的使用品質，而建築設備的維護績效須兼顧經濟性與機能性等層面，但背後牽涉的影響因素往往過於複雜且衡量不易，不但影響執行成效的判斷，且無法有根據的進行決策與應對，加上實務上的維護過程多未能有效記錄與探討，限制了績效評估時所需的資料來源，徒增資料查詢的困擾。

為了提升維護與管理的績效，設備管理者（Facility manager）必須有足夠可得的統計資料做為他們決策的依據，除了有效儲存日常的作業資料，並提供支援維護管理者判斷的功能，探討相關影響因子以改善維護績效。但傳統資訊系統中的資料往往是片段且零散的存放在不同的資料檔案上，這些資料固然對資訊的即時查詢及更新有幫助，但如需對歷史資料查詢以作為決策參考依據時，往往需要透過複雜之結構式查詢語言及報表程式之處理方能轉換成對維護管理者有意義之資訊，耗費時間與成本，故對於決策參考所需之資料查詢便需要一套更好的資料架構以加快查詢之速度。

基於上述立場，須有以多維度（Multidimension）檢視功能做為資料模型（Data Modeling）工具之系統，以供維護管理者能從不同維度查詢並分析績效指標的統計資料，以瞭解各項因子影響績效指標的程度，並以視覺化的方式來呈現資訊，讓維護管理者更容易解讀資料，藉由改善維護績效之影響因子，達到提高設備維護效率與品質的目的。

1.2 研究目的

本研究基於建築維護管理者立場，幫助控管與監督維護績效為出發點，以提高設備維護效率與品質，研究目的如下：

- 一、藉由績效評估（Performance Evaluation）流程探討建築設備適用的績效指標（Performance Indicator），找出可幫助策略執行的績效指標及相關影響因子，建立以績效因子分析績效指標並改善績效的方式。
- 二、對現有的設備維護管理系統資料庫分析，以交通大學為探討對象，建構建築設備日常作業性之維護管理資料庫，以作為提供決策功能之資料倉儲的基礎。
- 三、建構以支援建築設備維護決策查詢為導向（Decision-oriented）的資料倉儲（DW，Data Warehouse）系統，透過資料倉儲系統使維護管理者依決策需求，並以多維度檢視架構進行資料查詢。

1.3 研究方法

一、文獻回顧與實務訪談

藉由蒐集文獻的方式歸納出設備維護上的績效指標，並找出相關影響因子，以探討績效指標與影響因子的關係，參考國外相關領域的資料倉儲流程，作為建構本系統模式的架構。實際訪談建築設備維護管理單位及維修工程師，了解實務中的維護狀況與步驟程序，以及對輔助決策與管理系統上的需求及建議。

二、系統模式建立

利用績效評估概念與步驟，建立績效指標與影響因子，並作為資料倉儲系統的資料模型架構，再以資料倉儲系統輔助績效評估的資料檢視功能。

三、系統實作與說明

透過實際案例資料建置資料倉儲系統，以說明系統功能模組架構，包括研究成果之實際操作情形及注意事項。

1.4 研究流程

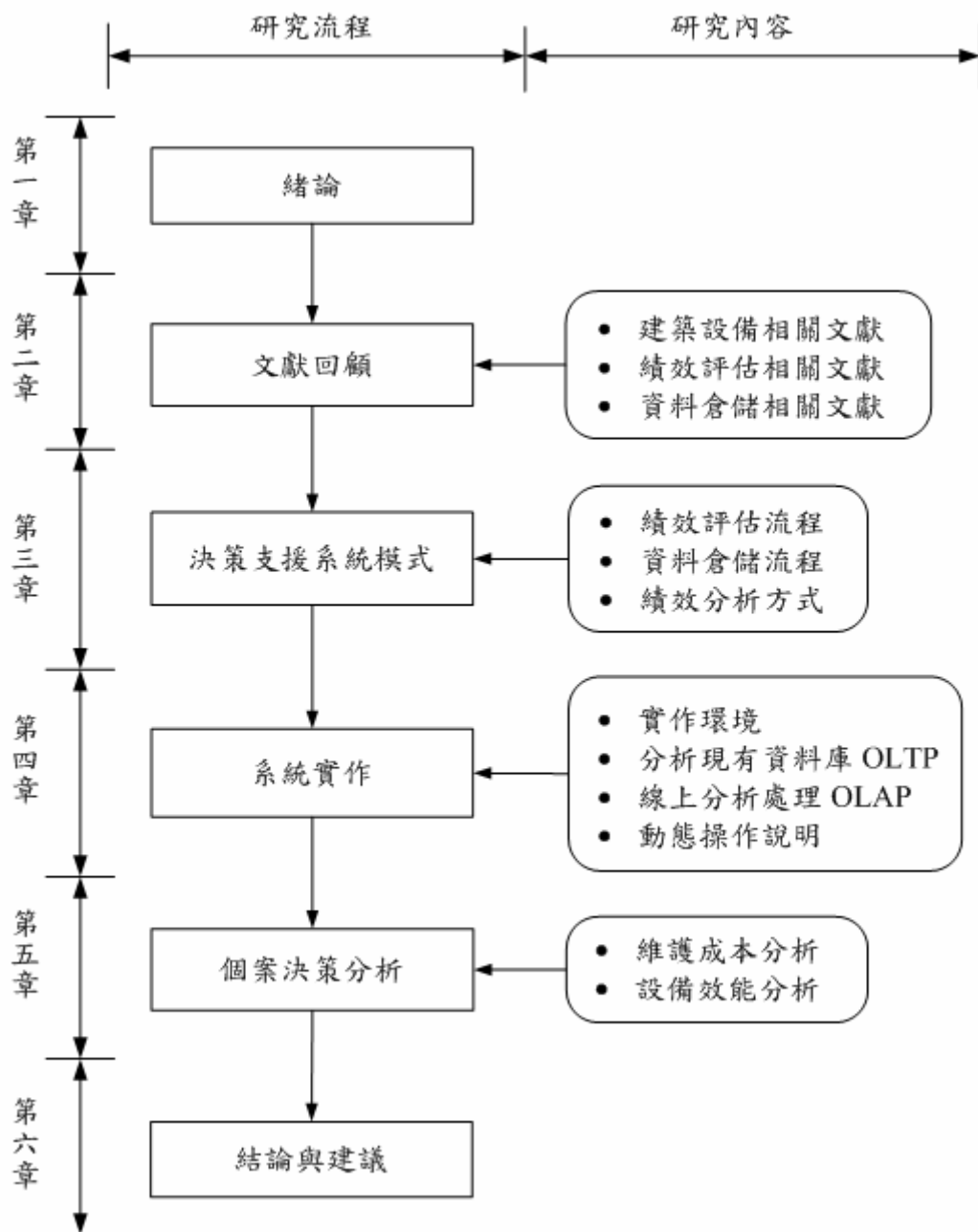


圖 1、研究流程圖

1.5 研究架構

第一章 緒論

主要說明本研究之研究動機與目的，及研究架構與流程。

第二章 文獻回顧

以建築設備維護為主體，談論到如何藉由績效評估提高設備維護水準，而進一步應用可與資料倉儲相互結合，成為一套有效的策略執行工具。

第三章 決策支援系統模式

以績效評估概念建構出適用於建築設備維護上的決策支援系統模式，建立績效指標與相關影響因子，以作為資料倉儲系統的設計架構，並在此說明如何利用資料倉儲系統輔助績效評估作業時，檢視績效指標與影響因子的變化關係。

第四章 系統實作

透過本研究設計之系統模式，實際建置 OLAP 系統，展示相關分析資料分析模組，以提供維護管理者探討績效變化以進行決策，分成維護成本與設備效能兩大分析主題，並對系統操作方式做說明。

第五章 個案決策分析

利用本資料倉儲系統連結 Excel 的樞紐分析圖表，讓使用者自行操作並可以圖形化的方式呈現，以交大維護案例進行分析，找出待改善的地方且做出相關建議。

第六章 結論與建議

主要針對本研究之成果作一概述，並分享建置資料倉儲的心得，同時對後續研究與發展提供幾項建議。

第2章 文獻回顧

2.1 建築設備維護

在探討建築設備的維護管理前，需先瞭解建築設備的範圍內容，如此蒐集資料的方向才能明確，本小節可幫助了解建築設備劣化與維護的型態，以及相關維護策略與制度，並可得知設備維護管理系統的需求及發展過程。

2.1.1 建築設備範圍

一般建築工程中對於機電設備依其功能可分為電氣、空調、昇降、消防、燃燒、給排水、弱電通信共七類，而依據這幾大類可再細分為許多分項，分別整理如圖 2。

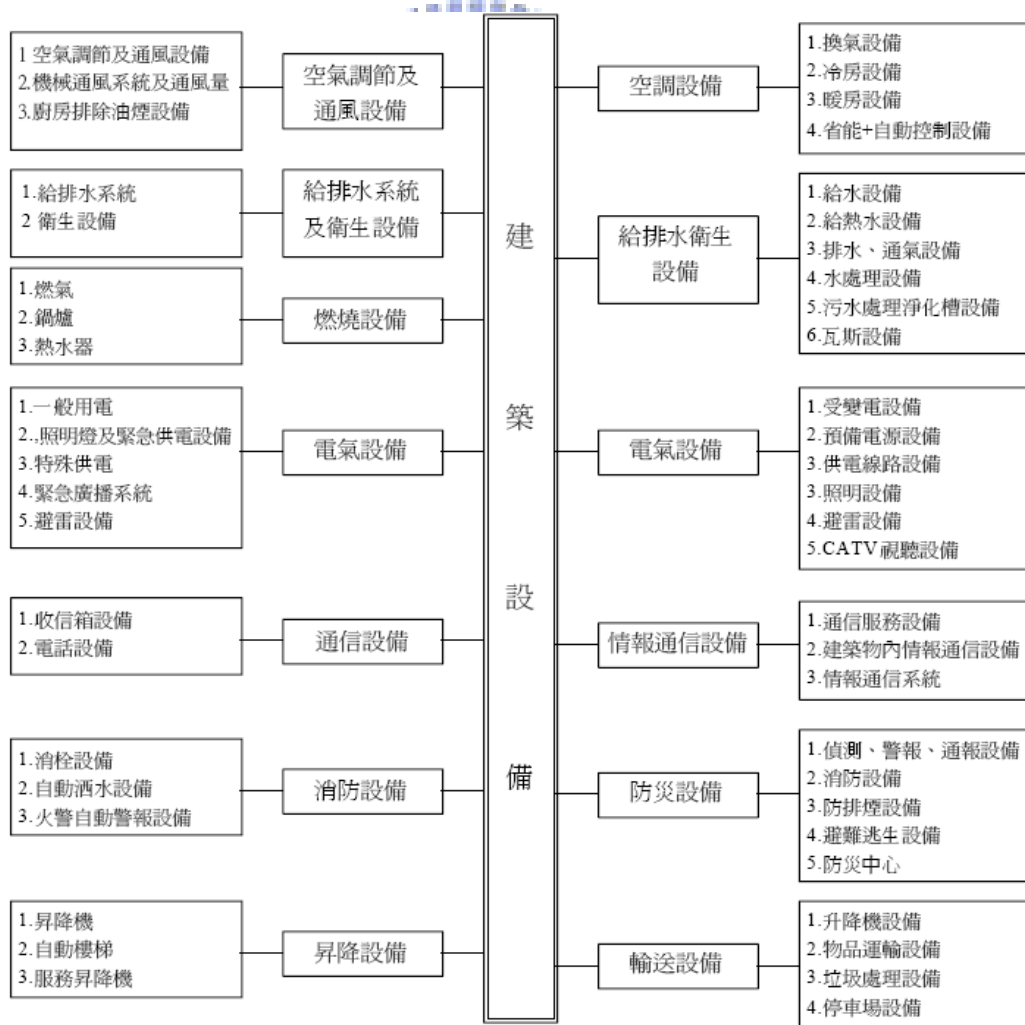


圖 2、建築設備類型總覽【建築技術規則 2000】

一般來說建築設備為符合法規要求，對於建築規模愈大的建築物，其建築設備數量便越多且愈複雜，而不同的建築類型其設備也會有所差異，如表 1 所示。

表 1、各類型建築之設備項目比較（整理自【王雅慧 2005】）

發表者	賴榮平	柳瀨正敏	張柏超	黃世孟等	王雅慧
建築類型	辦公建築		集合住宅	學校建築	學校建築
發表年代	1993	2001	2002	2002	2005
設備分類	1.給排水衛生設備 2.電氣設備 3.空調設備 3.電梯設備 4.消防設備 5.中央監控設備	1.給排水設備 2.電氣設備 3.通風空調設備 4.升降機設備 5.停車設備	1.冒水排水 2.水電空調 3.衛浴廚具	1.給排水衛生設備 2.電氣設備 3.瓦斯設備 4.防災設備	1.給排水工程 2.衛生設備 3.電氣設備 4.弱電設備 5.照明設備 6.空調設備 7.升降設備 8.消防設備

2.1.2 建築設備劣化與維護

建築設備的劣化主要可分為三大類【井上宇市 1995】，分別為物理劣化、機能劣化及社會劣化，建築設備中，有許多是由機器材料所構成，而這些機器及材料也是由各種零件所組成，隨著使用時間的增長而消耗磨損，這些零件逐漸的老化，而導致設備系統的「物理劣化」，其會使得設備發生故障且降低原有效能，因此當物理劣化到最後就是故障的發生。設備的機能及社會劣化由於較難量化數據，故本研究主要探討物理劣化現象，設備物理劣化方式又可區分為「穩定劣化」、「故障劣化」。

一、穩定劣化：若各年代之損壞比例漸次增加者，可視為該項管路或設備之劣化型態屬於「穩定劣化」型。

二、故障劣化：若該項設備之損壞率跳升超過 20%(一個級距)者，則可視為該項設備之使用狀況可能產生故障，而須進行修理或更新動作屬「故障劣化」型。

設備的物理劣化情形通常較容易由故障頻率來判斷，故障頻率(運轉到某一時點的設備，在連續的單位時間內發生故障的概率)通常會隨著時間而有不同的變化，如圖 3 所示。

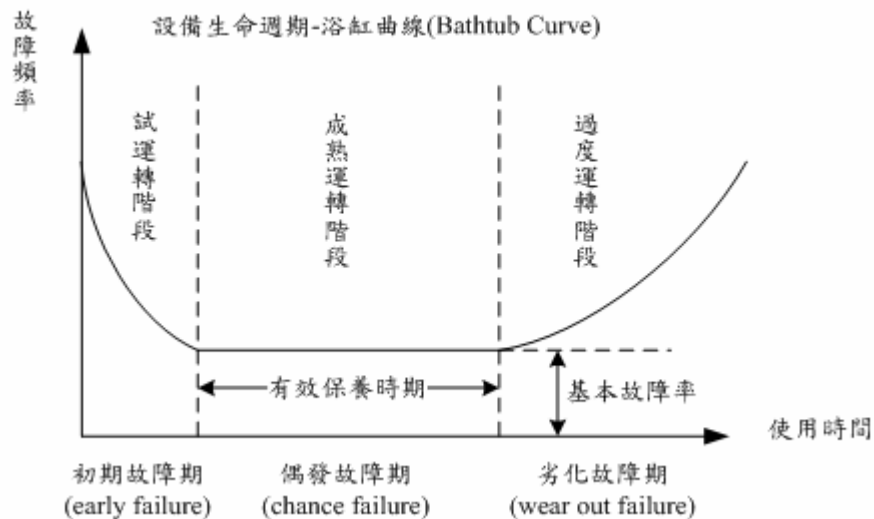


圖 3、設備故障頻率曲線（整理自【中井重行 1989】）

建築物是由建築結構及建築設備兩大系統構成，通常前者的生命週期遠長於後者，設備在建築結構的生命週期中往往須更換數次，各項設備的維護週期及工作內容也各不相同，一般來說建築設備的生命週期是劣化與維護不斷交替的過程，設備在無維護的狀態下會逐漸劣化到無法忍受的水準，故最好進行定期的維護工作以維持設備性能（Workability）的水準，及延長設備使用的壽命，當維修也無法使設備回歸到可忍受範圍時，就需要進行更新置換的動作，如圖 4。

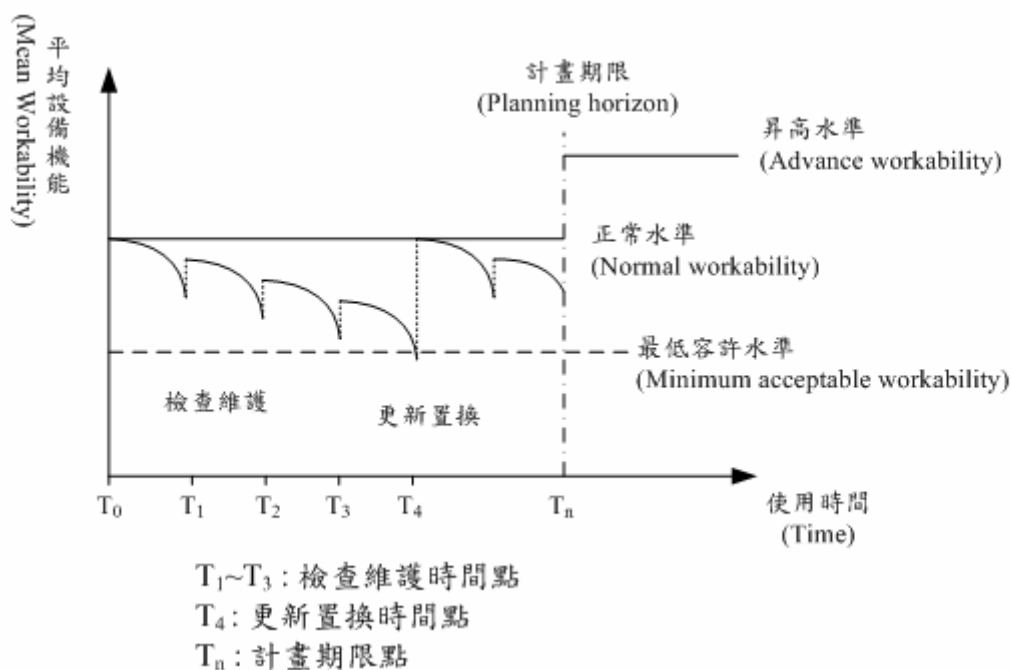


圖 4、建築設備劣化與維護更新（整理自【井上宇市 1995】）

2.1.3 設施管理與設備維護

按照 IFMA 與美國國會圖書館的定義設施管理：「以保持業務空間高品質的生活和提高投資效益為目的，以最新的技術對人類有效的生活環境進行規劃、整備和維護管理的工作，它將人們的工作場所和工作任務有機地結合起來，是一門綜合工商管理、建築科學和工程技術的綜合學科。」其提到的「設施」定義範圍較「設備」更為廣泛，但可知建築設備維護旨在維持建築物機能之正常運作而針對相關硬體設備，不論是建築結構體本身亦或是建築運作所需之一切設備所進行預防性與矯正性的維持措施。

傳統的物業管理側重於現場管理，以各種設備能夠正常運行為目標，著眼於故障設備的維修，而物業設備設施營運過程中的成本花費佔物業管理成本的比重越來越大，對建築設備的性能和水平維護均提出了更高的要求。【溫琇玲 2007】

「維護」，是指一退化或失效之可維護系統，保持或修護妥善運作狀態所實施之作業，按英國 BS3811 意義：維護是運用全部技術和行政行動組合，也包括督導，試圖維持或恢復一個項目，可以發揮其需求之功能的狀態。日本 JISZ8115 定義：運用全部必須處置與機能，去維持一個項目在可用及可運轉之條件，或者祛除故障、失效、恢復它，亦稱為維護。

依據國際設備管理協會（International Facility Management Association, IFMA）所定義之建築維護¹（Building maintenance）指的是：「建築各項元素之預防性與矯正性的維持。」其中所指的「建築元素」包含高壓電力設備、電氣設備、管線配置、昇降設備、木工與油漆工程。

設備維護管理作業程序【劉明國 1987】依序為：使用管理計畫、運作、檢查、判斷、保養、維護、記錄等八個步驟，如圖 5。

- 一、**使用管理計畫**：擬定基地、建築之管理計畫或設施之運轉及檢查計畫並編列計畫。
- 二、**執行運作**：依計畫推動、執行各項業務，或監視設備之運作情況。

¹ IFMA 定義之 building maintenance：The preventive and remedial upkeep of building components (HVAC, electrical, plumbing, elevators, carpentry and painting), excluding janitorial and grounds maintenance.

- 三、**檢查**：內含日常、定期、法定、災害四種檢查模式，其中日常檢查以巡視為主，檢視各項設施有無損壞；定期檢查則用月以上為單位的週期性檢查，調查各項設施之損耗、老化狀態；法定檢查依相關法令規定實施之檢查；災害檢查則為災害發生後之安全性鑑定檢查。
- 四、**診斷**：診斷檢查之結果，決定處理方法。
- 五、**更新計畫**：若修繕無法達到要求或效益時，可採行更新。更新須先確認現況，檢討更新的目的與目標，據以擬定更新計畫，以達成更新的效能。
- 六、**修繕**：對物理性、機能性、社會性的輕微損耗處置對策。
- 七、**申請許可**：對物理性、機能性、社會性的大規模損耗，必須依照法令規定辦理者。
- 八、**紀錄**：所有使用管理的活動全都予以紀錄整理，提供日後的改變計畫及檢查之參考。

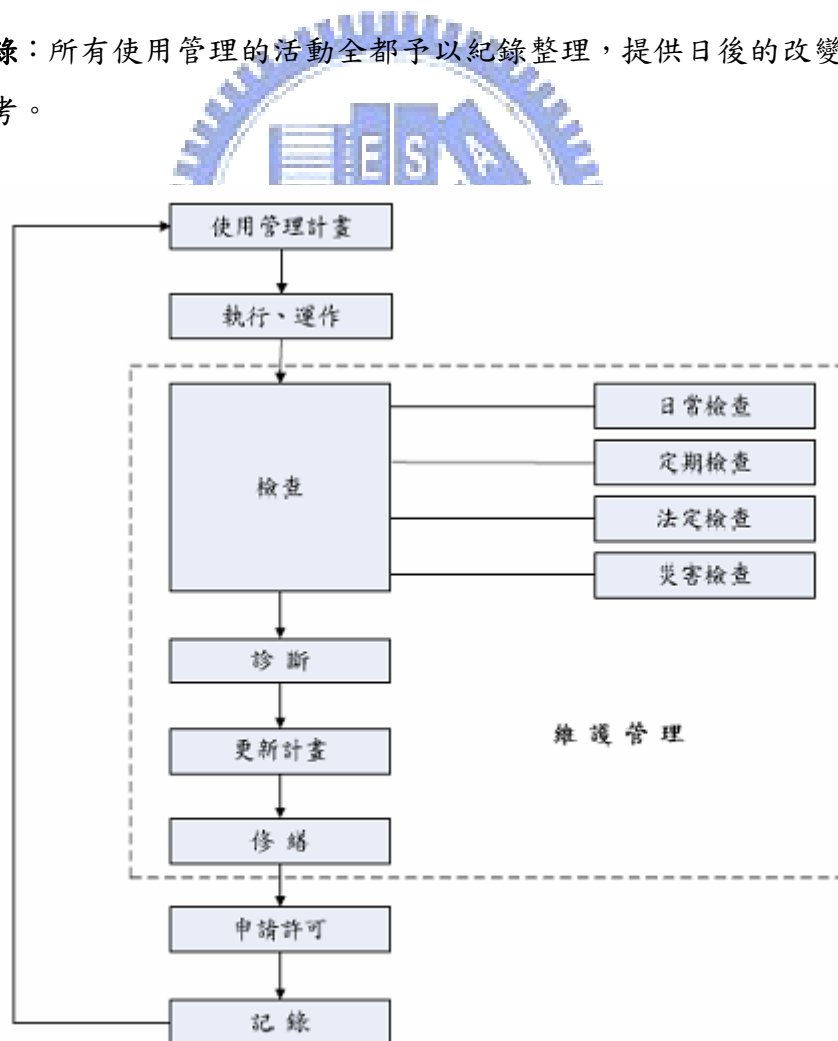


圖 5、設備維護管理作業程序【劉明國 1987】

2.1.4 設備維護策略與制度

設備之維護策略可分為兩大類型【Lie and Chun 1986】：

一、預防維護(Preventive Maintenance, PM)：當設備在正常運作情況下，所進行之計畫性維護動作，皆稱為預防維護。其中又包含兩種型式：

- (1) 簡單預防維護(Simple Preventive Maintenance)：設備於計畫時間或達到特定水準時對設備進行預防維護與保養動作。
- (2) 預防置換(Preventive Replacement)：設備經使用後老化至特定水準，對設備進行置換動作，以確保設備之正常運轉及性能之維持。

二、修正維護(Corrective Maintenance, CM)：設備於故障時才進行的修理動作，稱為修正維護。其亦可分為下列兩類：

- (1) 最小修復(Minimal Repair)：主要目的在消除設備已發生的故障，使其回復至故障前的狀態。
- (2) 修正置換(Corrective Replacement)：設備故障經修理後無法回復至可使用狀態，故進行置換更新的動作。

不同的維護保養策略會有維護程度上的差異，並相對影響維護成本與故障率的變化，設備的維護管理須講求效率，維護成本須考量最佳的適合範圍，也就是如圖 6 的概念，過度的保養不符合維修成本的效益，不足的保養又容易造成突發性故障的損失。

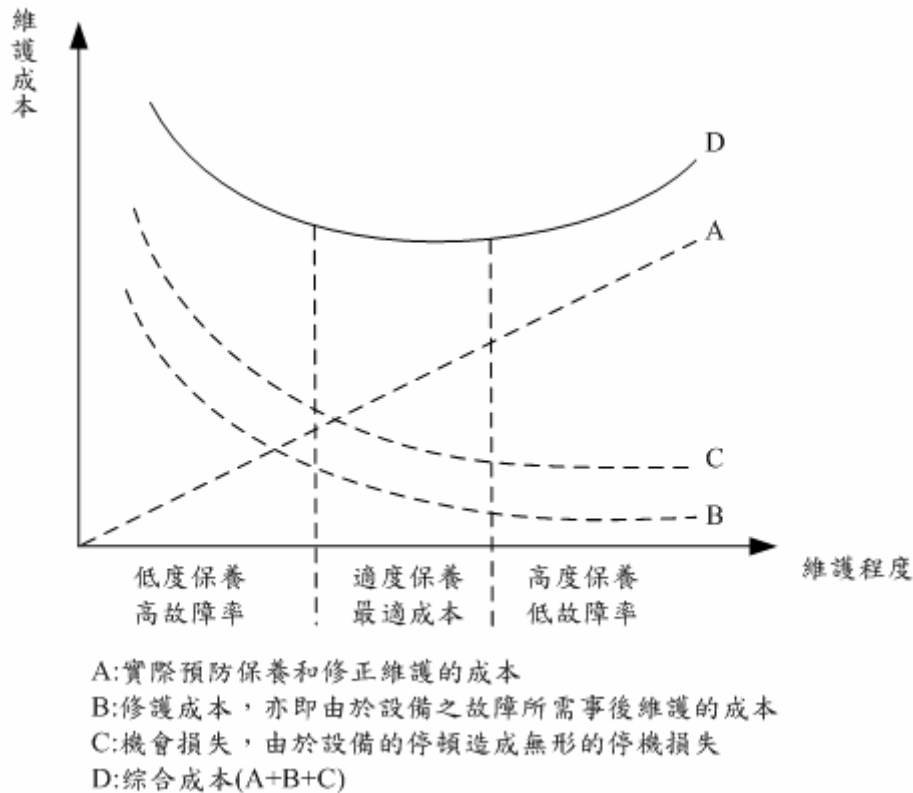


圖 6、維護程度與成本關係（整理自【鄭達才 2000】）

2.1.5 設備維護管理系統發展

為了提升建築維護與管理效率，設備管理者（Facility manager）必須有足夠可得的統計資料做為他們決策的依據，除了有效儲存日常的作業資料，並提供了支援管理者決策的功能。在「Handbook of Building Maintenance Management」（1983）當中則說明了足夠的統計資料可以幫助建築物的管理者達到下列專業的目的：

- 一、更有效率地管理建築物。
- 二、研究與提出可改善之處。
- 三、訂定準確的長期與短期計畫。
- 四、更有效率地使用建築物與人力。
- 五、研究產品、設備、供應者與廠商。
- 六、處理緊急事件。

七、控制設備、工具、供應商、部門與材料的購置與投資。

八、監控所有的大宗支出。

九、規劃新專案。

十、接管一棟建築。

維護管理系統的發展史，在 30 年代到 40 年代的設備設計簡單，所需技術為清潔、潤滑及日常檢修等簡單的技術。而後的 50 年代到 70 年代，演變成為機器化程度高的設備，設備數量多，所需使用技術為定期大修、使用工作計畫及控制系統。到了 80 年代至 2001 年，已成為複雜性高、價值性昂貴的設備，而使用的技術如故障模式和影響分析、可靠性和維修性設計、狀態監測、危害分析、專家系統、技術的多重化及合作等。而設備維護系統的發展，依時間性、資源使用的多寡、範圍，更有著不同的複雜程度【D. Ting 2001】，如圖 7。

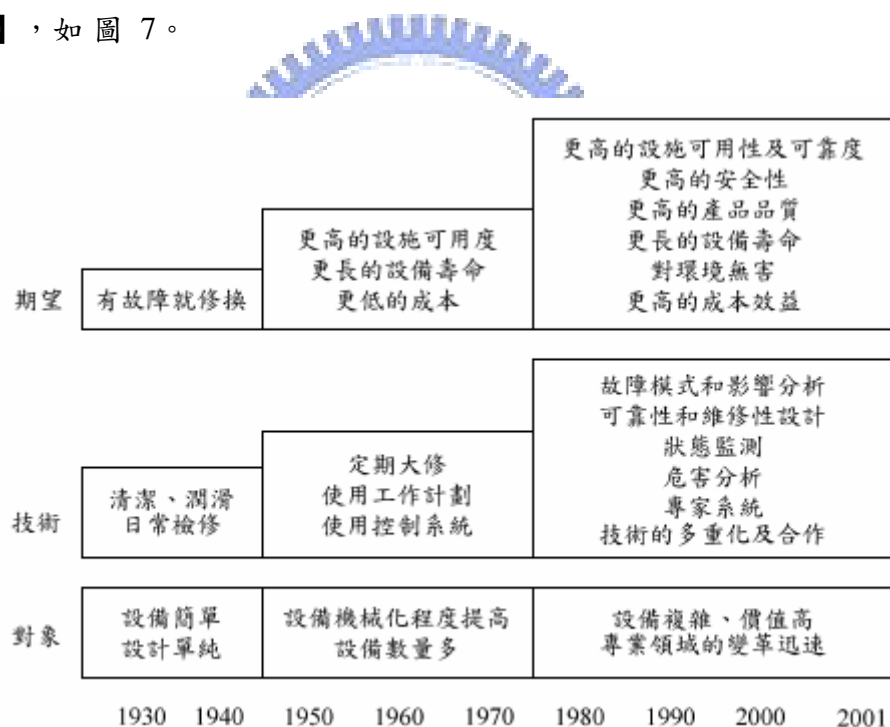


圖 7、維護管理系統發展史【D. Ting 2001】

2.2 維護績效評估

績效評估 (Performance Evaluation) 是管理控制的一項重要技術，也是一門相當專業而且有用的學科，國內外許多單位用來做為判斷執行成效的工具，並根據分析結果做為決策上重要依據，本小節除了介紹績效評估外，並蒐集各學者提出在設備維護上的績效評估指標，及透過相關文獻蒐集相關影響因子，以利後續本研究模式建立。

2.2.1 績效評估涵義

所謂「績效評估」的涵義，簡言之，即「對組織目標達成程度的衡量」【江俊謀 1997】。根據一般學者不同的解釋可以歸納為下列幾點【張金輝 2002】，本研究建置系統目的主要探討績效指標與其影響要因間的關係，以幫助決策者進行準確的績效改善決策，故第三項最符合本研究為何使用績效評估的原因。

- 一、績效評估是一種管理控制的依據，在一個有意義的組織的評估下，藉客觀性、數量性的資料蒐集與分析，以數字型式或百分比的型式表現，其效能與效益所得到的一種有形的績效資料表現。
- 二、績效評估是一種現有狀況的調查分析，是協助組織面對或從事未來規劃的一種程序，經由評估結果，核對該組織原本設立之目標，針對其目標於表現不佳處產生預警作用，並加強改善以期有效達到所預期的目標。
- 三、績效評估的目的不在消級的爭取排列名次或僅找出缺失、發現問題而已，事實上乃經由績效評估手段，找出影響績效的原因所在，提供資訊給有關單位或經營者，幫助決策者增加判斷的準確性及未來改進方向。

2.2.2 績效評估目的

一個組織如果沒有評估系統則無法評量變革所造成的影響，同時系統也失去改進的能力。因此建立和使用績效評估是流程再造的基本需要【Kuwaiti 2000】。執行績效評估時就必須先確認評估的目的，如此才能發揮績效評估的功能。績效評估的主要目的與功能有下列七點【李建華 1996】。

- 一、確保計畫目標如期完成
- 二、糾正作業上的偏差
- 三、重大問題的發現與改善
- 四、評估計畫完成之效益
- 五、改進管理方法與程序
- 六、促進組織內的溝通
- 七、做為事後獎懲之依據

績效評估是以有計畫的評量，達到發現問題與改善的目的，所以績效評估是一種回饋式的系統流程，才能不斷的檢驗整體維修策略之方向與目標的正確性，如圖 8。

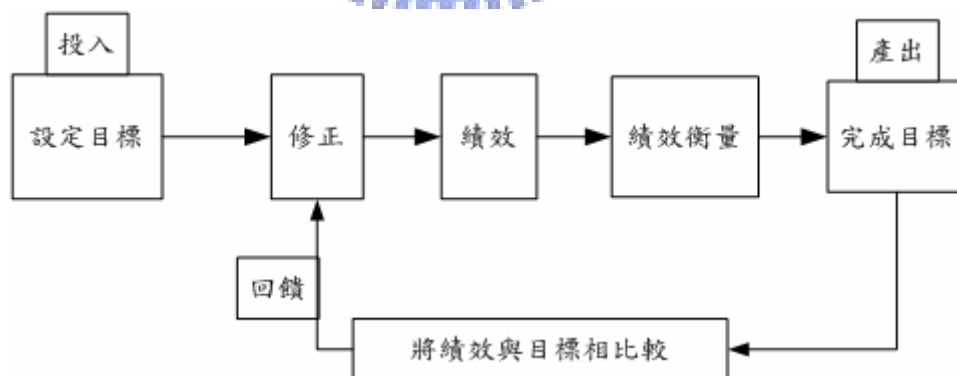


圖 8、績效回饋系統模式【李建華 1996】

2.2.3 維護績效指標

依據績效指標 (Performance Indicator) 的定義：「專注於計畫達成目標或目的水準的指數 (index) 或指示物 (pointer)」【Duquette, Stowe 1993】，另有學者提出定義為：「幫助測量影響 (impact) 程度的有用管理資訊」【Finnimore 1993】。歸納幾位學者提出的定義可知，績效指標是用來作為評估組織績效時的一種工具或指數，可能是量化的數字，也可能是質化的文字敘述。其涵蓋層面，不光只是一般容易量化的財務性績效指標，更包含不易量化的非財務性績效指標，但量化的績效指標較容易由比較來看出差距。

設備維護的整體運作的方向是以有限的資源讓設備的可利用率盡量最大化，有效的運用人力與維護成本的最適化，同時又能達到設備故障最低，這便是衡量設備維護管理績效的重要指標。一般常見的績效指標分類如下【李長晏 1992】：

一、財務指標及非財務指標：財務指標是以計算財務績效為目的，包括銷售金額、毛利金額或比例、現金流量等等。由於量化的財務指標具有簡單又明確的特性，故常被用來作為績效評估的工具。非財務性指標則有可能為質性 (qualitative) 或量性 (quantitative) 指標。

二、投入指標及產出指標：投入指標是指為得到產出而參與轉化過程的資源事項。

績效指標就是用以辨別與證明預先規劃的目標成效之衡量基準，同時也是用以衡量系統效能或效率，以了解其作業過程是否符合原先設定的目標的變數。因此良好的績效指標應具備以下十項基本特徵【Edith Simchi-Levi 2003】：

- 一、可量化的(客觀性)。
- 二、易於了解的(容易接受)。
- 三、可以鼓勵合宜行為(賞善罰惡)。
- 四、可見的(評估效果)。
- 五、可定義且讓雙方互相了解的。
- 六、兼具有產出即投入的內涵。
- 七、指評量重要的項目(KPI，關鍵績效指標)。

八、多維度的(包含利用率、生產力、績效，並顯現互抵關係)。

九、可以經濟地收集(評估成本小於評估效益)。

十、促進信賴感(公正性)。

有關設備維護管理的績效文獻(Roup 2004, Mathew et al. 2002, Jose et al. 2002, WesterKamp 1998, Dunn 1998, Dunn 1997, Groote 1995, Anonymous 1993), 可歸納出設備維護上的重點績效指標如表 2。

表 2、設備維護管理績效指標一覽(整理自【林偉仁 2005】)

績效指標項目	項目內容
工作規劃與排程指標	<ul style="list-style-type: none">- 計劃工時佔總工時百分比- 計劃工時與實際工時偏差程度- 每日多少工作單- 緊急工作百分比- 如期執行工作百分比- 大型維護保養工作總時數，如大修(Turnaround Maintenance)
設備維護費用指標	<ul style="list-style-type: none">- 設備總維護費用- 設備維護費用佔總資產投資百分比- 預知預防保養費用佔總設備維護費用百分比- 緊急強修費用佔總設備維護費用百分比- 人力成本含維護部門管理費用- 外包承包商費用及對應設備維護總費用百分比- 大型維護保養工作執行費用，如大修(Turnaround Maintenance)
人力工時指標	<ul style="list-style-type: none">- 預防(PM)保養總工時佔所有工作總工時百分比- 預知預防保養總工時佔所有工作總工時百分比- 加班總時數- 設備保養維修總人數- 引用承包商執行維護工作總時數
設備效能指標	<ul style="list-style-type: none">- 設備驅動率(Availability)- 資產利用率(Utilization)- 重要設備數量及其故障率- MTBF (Mean Time Between Failure)- 停車時數與類別(Downtime Hrs)- 產品因設備停車所造成的損失量及對應的機會成本

由此可知維修績效指標必須能提供維修成本、工作量管理、人力工時和設備效能的績效等重要資訊，如表 3 所示，組織的維修績效指標可分成預算、設備、人員、物料及工作等五大項目【Pintelon 1990】。如表 4 所示，張保隆等則認為維修效果之績效衡量是必須的，而且是多方面的，並以累進多方面比較（Progressive Multi-aspect Comparision）建立 20 種測定維修效果之績效指標【張保隆 1997】。另外如表 5 所示，杜邦公司則以十二項關鍵指標評估保養維修的績效【DuPont 1995】。如表 6 所示，檢視維護活動實施的績效，以進行設備維護內部的持續改善活動，維護活動的績效判斷非常重要，其建議以可靠度提升、可修護度提升、維護成本及整體生產力，這四個部分作為評估系統績效的方向【林恬宇 1996】。

表 3、保養績效指標【Pintelon, Van Wassenhove 1990】

項目	說明	定義(在維修週期或評估週期內進行算)
預算指標	成本 薪資 材料 外包 雜項	在時間週期 T 內的總成本 = 薪資+材料+外包+ 雜項 正常時間和加班時間的人事費用 備品和作業支援所需的費用 外包費用 其他費用：如運費、生產損失等
設備指標	失效次數 可靠度 維護度 效率 單位作業成本 單位損失	當機次數 平均失效間隔(MTBF) = 負荷時間 / 總故障次數 平均維護時間(MTTR) = 故障停機總時數 / 總故障次數 實際生產時間 / 計畫生產時間 作業成本 / 生產量 損失成本 / 生產量
人員指標	加班工時百分比 保養工時百分比	加班時數 / 總工時 x 100% 保養工作時數 / 總工時
物料指標	庫存變動率 服務效率	原料備品與作業所需材料之耗量 / 庫存量 立即處理次數 / 被要求服務次數
工作指標	當機次數 計畫效率 計畫執行 服務效率 未處理事務	維修工時 / (預防保養工時 + 維修總工時) 計畫保養工時 / 可利用之保養工時 實際保養工時 / 計畫保養工時 實際執行工作次數 / 被要求服務次數 未處理之工時 / 下一週期(T + 1)可運用生產工時

註一、MTBF：Mean Time Between Failure

註二、MTTR：Mean Time To Repair

表 4、保養效果測定之衡量指標【張保隆 1997】

項目	內容	名稱	計算公式
維修的有效性	$\% = \frac{\text{已列入日成的工作完成總工時}}{\text{可利用的總工時}} \times 100$	計畫時間比率	$\frac{\text{計畫時間}}{\text{給予時間}} \times 100$
勞動力有效性	$\% = \frac{\text{給予該工作的總工時}}{\text{同一工作所用的總工時}} \times 100$	作業效率	$\frac{\text{預定完成時間}}{\text{實際完成時間}} \times 100$
承包範圍	$\% = \frac{\text{支付補貼金的總工時}}{\text{利用於作業的總工時}} \times 100$		
故障修理時間	$\% = \frac{\text{故障修理所用的總工時}}{\text{利用於所有修理的總工時}} \times 100$	故障修理時間比率	$\frac{\text{突發性故障維修工時}}{\text{可用維修工時}} \times 100\%$
作業指示的週轉率	$\% = \frac{\text{正在進行中或未完成的作業指示}}{\text{作業指示總數}} \times 100$	等待完成的項目比率	$\frac{\text{未完成的項目數}}{\text{完成項目數}} \times 100\%$
期限延遲的作業指示	$\% = \frac{\text{期限延遲的作業指示}}{\text{期間內完成的作業指示總數}} \times 100$	延遲項目比率	$\frac{\text{延遲項目}}{\text{完成項目}} \times 100\%$
修理時間的經費	費用 = $\frac{\text{維修費用}}{\text{用於作業指示的總工時}}$	每小時單價(維修單位)	$\frac{\text{維修班作業費}}{\text{給予時間}}$
故障修理的程度	$\% = \frac{\text{故障修理的直接經費}}{\text{維修的直接經費}} \times 100$	故障修理比率	$\frac{\text{故障修理費}}{\text{維修費}} \times 100\%$
維修技工作業效率	$\% = \frac{\text{實際進行作業的時間}}{\text{總時間}} \times 100$	直接時間比率	$\frac{\text{直接時間}}{\text{間接時間} + \text{直接時間}} \times 100\%$
技工的必要性	$\% = \frac{\text{直接技術勞動的總工時}}{\text{總製造工時}} \times 100$	維修工時比率	
設備利用率	$\% = \frac{\text{設備運轉時間}}{\text{設備運轉時間} + \text{故障時間}} \times 100$	設備運轉率(故障率)	$\frac{\text{設備運轉時間}}{\text{設備運轉時間} + \text{故障時間}} \times 100$
兩次修理期間的平均運轉時間	$\% = \frac{\text{總運轉時間}}{\text{修理次數}} \times 100$		

起因於維修的故障頻率	$\% = \text{維修不當而造成的故障次數} / \text{故障總次數} \times 100$	維修責任事故率	因維修部門採取措施的故障次數 / 故障次數 $\times 100$
起因於維修的故障程度	$\% = \text{故障經費(或停機時間)} / \text{故障總次數} \times 100$	故障強度率	故障修理 + 減產損失金額 / 故障次數 $\times 100$
維修經費的比率	$\% = \text{維修經費} / \text{總製造費} \times 100$	維修經費的比率	維修經費 / 總製造費 $\times 100$
故障經費比率	$\% = \text{故障經費} / \text{總製造費} \times 100$	故障經費比率	故障修理 + 減產損失金額 / 製造費 $\times 100$
每投資 1000 元的維修經費	金額 = 維修所需的總經費 / 工廠需進行維修的設備之總投資額	每一單位投資額的維修費	維修費 / 新機入場價格(投資額) $\times 100$
進行維修的合理性(維修成本)	MIJ(維修改善合理性) = 維修總經費 + 前期故障時間的損失 / 上述項目的現值		故障修理費 / 修理費 $\times 100$
努力降低成本的效果	指數 = 可控制的維修作業(項目 1) / 修理經費的比率(項目 15)	努力降低成本的效果	計畫時間比率 / 維修經費比率
維修的程度	程度 = 維修總量 / 對機械的投資 = (僅用於製造設備的維修總直接工時) \times (直接生產工人數) / (直接製造總工時) \times (僅用於製造的總有關動力)	每噸維修費施工時間比率	維修費 / 生產噸數施工時間 / 給予時間 $\times 100$

表 5、杜邦公司保養績效十二項指標 【DuPont 1995】

指標	公式	說明	頻率	目標
總體衡量				
總維護費用與全部設施更換零件價值百分比	總維護費用(保養維修 & 服務) / 全部設施更換零件價值	衡量總體費用的效果	季	達成預算運轉費用平均分布於各月，世界級約為 2%
單位機器更換零件價值	更換零件價值 / 全部機器數量	單位機器所投資的保養費	每年	總體趨勢向上範圍 4-8 百萬
外包費用與總維護費用百分比	總外包費用 / 總維護費用	衡量用於外包的保養動態	月	依據各廠的計畫範圍 10-40%
衡量工作計畫				
機器計畫時數百分比	計畫工作時數 / 總可用工作時數	衡量計畫工作的水準	週	80% - 90%
依照排程比率	依排程工作時數 / 排程時數	衡量排程的紀律	週	90% - 95%
平均修復時間	合計維修工時 / 單位設備的失效次數	衡量保養效率	依據失效期間	總體趨勢向下
衡量材料管理				
材料來源的服務水準	供應次數 / 總需求次數 * 100	顧客滿意度的重要衡量	月	95% - 98% 全部自倉庫或供應商
總庫存投資與廠區更換零件價值百分比	總庫存投資金額 / 廠區更換零件價值 * 100	衡量庫存投資效果水準 能隨流程的時間和型態改變	季	公司目標是 0.24% 或更低
指標	公式	說明	頻率	目標
衡量可靠度				
可運轉時間	工廠可生產優良品質的運轉時間百分比	設施有能力運轉時間	至少每月	90%
平均失效間隔	合計操作時間 / 總失效件數	衡量保養效能	半年	總體趨勢向上
衡量人力資源開發				
訓練時間百分比	總訓練時間 / 總工時	衡量花在保持組織正確技能的時間	年	5% - 20%
訓練排程完成度	訓練完成時間 / 訓練排程	組織訓練的承諾	年	100%

表 6、維護績效指標一覽表【林恬宇 1996】

特性	指標	用途(反應何種系統現況)
可靠度改善	MTBF / MTTF	反應機器設備操作績效，並用以計算可用度
	失效頻率	反應機器設備失效狀況與失效模式
	失效次數	反應機器設備失效次數
可修護改善	MTTR	反應機器設備維護作業績效，並用以計算可用度及維護成本
	失效紀錄趨勢	反應機器設備失效狀況與失效模式
維護成本	總維護成本	反應維護績效，輔以判斷設備改善需求及用作成本分析
生產力	Productivity	反應生產狀態與生產績效

註一、 $MTBF = \text{總運轉時間} / \text{暫停次數}$

註二、 $MTTR = \text{總暫停時間} / \text{暫停次數}$

註三、 $\text{失效頻率} = \text{總失效暫停次數} / \text{負載時間}$

2.2.4 績效指標建立程序

績效指標建立為績效評估中重要的一環，由於本研究著重在績效指標的建置與探討影響因子的關係，以利決策者進行績效改善，故參考相關學者提出之績效指標的建構步驟與原則，但因尚無考量績效改善方式，故並無討論到影響因子的關係，在後續績效評估模式中將會斟酌系統設計需要，而參考修改之。

組織建立新績效指標的可依下列步驟完成【Anderson, Fagerhaug 2002】：

- 一、瞭解並描繪事業結構和程序：此一步驟包括收集和檢視背景資料；發展或確認使命，價值，願景和策略；使組織瞭解本身的競爭定位，讓管理者跳脫例行公事，重新審視重要的策略議題。
- 二、發展建立績效衡量的優先準則：績效管理系統應和策略與目標需求一致，因此在規劃績效管理系統時，應先建立一套優先準則，使組織從策略訂定到事業流程都能以策略聚焦，符合企業的發展。
- 三、瞭解現存的績效衡量系統：組織多已有一套正在運作的績效衡量系統，組織可以採取改良舊有系統，或是捨棄原先的系統導入一套新的績效衡量系統兩種方式來設計新的績效衡量系統。Anderson and Fagerhaug 認為以改良舊有系統來設計新的績效衡量系統，可以有效降低員工的反抗心理。
- 四、發展評估指標：建立方式可以是由上而下或是由下而上的設計方式。以發展出一套適當且具有預測能力的績效指標。
- 五、決定如何收集相關資訊：當組織在發展評估指標時，必須儘量避免選擇那些無法確實衡量的指標。
- 六、設計評估指標的報告呈現格式：在此一步驟中，組織必須決定績效資訊如何呈現給使用者，以及使用者如何利用這些績效資訊來管理、監督和改善組織績效。
- 七、測試並調整績效衡量系統：在此一步驟中，組織必須廣泛地測試並調整原先所設計的績效衡量系統。然而績效衡量系統是不可能完美的，因此績效衡量系統應不斷地做適度的調整。
- 八、實施績效衡量系統：包含管理和訓練員工如何去使用此套系統。

組織也可運用下列手法建立新的績效指標【Niven 2004】：

- 一、召開衡量標準的入門研討會：在正式衡量指標討論之前舉行，描述到目前為止的進度，介紹衡量指標的概念，包括定義和有效衡量指標的特質，和利用一個案例讓團隊模擬衡量指標的發展。以此方式來介紹議題並且提升團隊創造衡量指標時熟練度的水平。
- 二、建立指標研討會議的運作準則：避免為衡量基準的完美而使會議過度複雜化，並且因想急切抓住的計量數據而明顯忽略受限制的資料條件，使資料不具可收集性。
- 三、明確定義目標：目標的清楚陳述，可提供必要的細節來協助釐清深澳的意義及訂出無限可能的適切衡量基準。
- 四、運用想像願景的形式：以願景想像探索的方法來思考衡量基準激發下會產生的真實行為的結果，當要成功達成目標時，人們要做什麼以及不做什麼，以此來定出衡量基準，因為驅動行為人才是真正的衡量的核心本質。

績效指標建立後，可採用下列項目測試擇定績效指標的有效性【Niven 2004】：

- 一、量化：量化指標可避免主觀的人為操縱和認知差異，提供客觀意見。
- 二、可真實地區隔擬評估的事件：確保已真正的鑑別區隔出來擬評估的單一事項；以避免衡量結果有『噪音』和衡量到非實際狀況的隨機風險存在。
- 三、取得性：將預期效益與可能產生的成本相比較以確保資料值得取得。
- 四、經常更新新資訊：衡量績效並經常更新資訊，提供對營運現況的即時了解可帶來最大的利益。致力於每月一次更新或至少每一季度更新的衡量基準。
- 五、單一訊息的衡量基準：衡量的結果必須是明確的單一事件，不容許含糊不清的模糊地帶，如單一離職率的表達無法顯示高績效員工的離職率與低績效員
- 六、容易理解：我們最終的目標是驅動與激勵以產生策略執行的行動。如果員工無法理解績效指標，實際上便不可能產生策略性的意義。
- 七、與擬評估的事件攸關：衡量的結果是可被直接歸因至表現好與壞的單一事件並採行必要的改善措施，而非加權後的綜效指標，容易混淆權責，隱藏部分績效

不彰的事實。

八、兼容領先與落後指標：只有落後指標時，會讓員工就算清楚知道公司希望去哪裡但是卻需猜測如何去。相反，只選擇領先指標雖然可提供有趣的洞察力，但是會產生這些行動是否可達到核心結果的懷疑。

九、可控制的：無法控制則影響將來結果的能力有限，降低指標的效力。

十、驅動正確的行為與執行力：以執行人員的眼光來檢測這些衡量基準。確保衡量正驅動員工通向策略施行的行動而不是不知覺地讓努力的結果沉入海底？

2.2.5 維護績效影響因子

不同的建築類型其機能需求也不同，規劃設計的設備項目也會有所變化，整理各建築物修繕維護項目的分類，隨著建築物類型之差異有其異同處，可知「建築物類型」間接對建築設備維護的影響【王雅慧 2005】。

例如醫院建築之維護工作項目中，以機械與高壓電力設備（包含配管系統）的比例更超過所有維護修繕成本的一半（53%），在電氣（Electrical）、高壓電力設備（HVAC）與配管系統（Plumbing）這三項維護修繕作業則須特別重視使用年限的問題【Uhlik and Hinze 1998】。建築物各項共用設施設備則因設備種類，甚至品牌的差異，而有各不相同的使用年限及維護費用，故「設備種類」與「設備品牌」對建築設備之使用年限及維護成本皆有相當程度的影響【徐春福 2002】。

通常設備的壽命皆以故障出現頻率來考量判斷，設備故障頻率高，普遍的結果是隨之而來的修護費也高了，當它高到為使維持其功能，必須付出更高的維護花費，而此費用並已經失去再做維護的價值，可知「設備年齡」對於設備之故障頻率、維護成本與耐用年限互有影響關係【鄭達才 2000】。

設備的維護策略往往也佔了重要的影響，依設備重要度及劣化要因以決定設備適用的維護制度，而不同的維護保養制度將影響到維護成本的高低，但也會有不同的維修效果，如故障頻率與設備壽命的差異【中野今次郎，2002】，可瞭解「維護策略」對維護成本、故障頻率與耐用年限的互相影響。

設備有定期維修與無定期維修的壽命不同，且有維修的設備都較無維修者耐用年限多出 1.25~4 倍，因此若能延長設備使用年數，就可以減少更新所花費的金錢與時間，

因此「維護週期」的不同對耐用年限會有明顯的差距，更會影響到設備維護更新的成本【建築設備維持保全推進協會 1999】。

佔用率這參數對設備維護有相當的影響，隨著密集的佔用設備也會相對的提高損壞率，圖 9 為設備佔用程度的相對維護係數模型，可看出對一年維護消費支出的影響，佔用率越高其帶來的維護消費也越高【Igal M. Shohet 2006】。

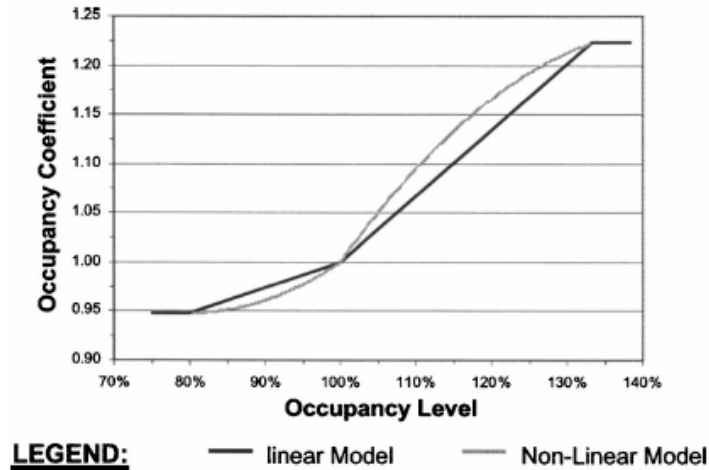


圖 9、佔用係數（一年的維護消費比率）模型【Igal M. Shohet 2006】

綜合以上可知某些影響因子對維護績效是互相有關係的，一影響因子可能對多個績效指標有影響，也可能好幾個影響因子都對一項績效指標有影響，由於影響原因牽涉複雜難以考量周全，故針對常用績效指標進行蒐集相關文獻，如表 7。

表 7、績效指標之影響因子

影響因子	劣化故障	維護成本	耐用年限	相關文獻
建築類型	◎	◎	◎	【王雅慧 2005】
設備種類		◎	◎	【徐春福 2002】、【Uhlik and Hinze 1998】
設備品牌		◎	◎	【徐春福 2002】
設備年齡	◎	◎	◎	【鄭達才 2000】
維護策略	◎	◎	◎	【中野今次郎 2002】
維護週期		◎	◎	【建築設備維持保全推進協會 1999】
使用程度		◎		【Igal M. Shohet 2006】

維護成本通常為管理者最重視的維護績效指標，故國外對於在建築設備的維護預算預估上有許多的相關研究，其探討的方法或模型所牽涉到的許多變數，往往就是考量對維護成本有重要影響的因子，整理如表 8。

表 8、維護預算影響因子（整理自【Gregory R. Ottoman,1999】）

相關文獻研究者	維護預算影響因子						
	建築 類型	設備 年齡	設備 尺寸	設備 種類	設備 狀況	地點	氣候
Sherman and Dergis (1981)		◎					
Monterecy (1985)		◎	◎				
Phillips (1989)	◎	◎	◎	◎			
Hutson and Biedenweg (1989)	◎	◎	◎	◎			
BRB (1990)		◎	◎	◎	◎	◎	◎
Melvin (1992)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
Barco (1995)		◎	◎	◎	◎	◎	
Kaiser (1995)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
CERF (1996)		◎	◎	◎		◎	◎
Neely et al. (1991)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
Hjelmstad et al. (1996)	◎	◎			◎	◎	◎
Igal M. Shohet (2006)		◎					

2.3 資料倉儲

建構資料倉儲的過程（process of constructing）及使用資料倉儲（using data warehouse）即稱之為資料倉儲化（data warehousing）。傳統關連式資料庫是屬於交易處理與資料儲存為導向，而資料倉儲是作為支援決策服務之分析型資料庫，用來存放大量的唯讀資料，為決策者制定決策時提供所需之資訊。簡而言之，資料倉儲是一個具有資料一致性的儲存地方，實際執行決策支援模式及儲存與訂定策略決策時所需相關之資訊，除了資料集中儲存，還包含了線上分析(Online Analytical Processing, OLAP)的功能，其目的為增加決策的品質與效率，以上所述，本小節將詳細說明。

2.3.1 資料倉儲定義

「資料倉儲」這個名詞最早是由 Inmon 於 1990 年所提出的，其定義為：「資料倉儲為一主題導向（subject oriented）、整合過的（integrated）、時間變異（time-variant）及唯讀性（nonvolatile）等四大特性，主要為整合異質的資料來源支援企業的管理者做決策之用。」

- 一、主題導向（subject oriented）：資料倉儲為針對不同主題所設立，將資料自然的以相同種類或主題聚集在一起。
- 二、整合過的（integrated）：資料倉儲的建構為整合許多異質的資料來源，其資料皆具有一致性（consistent）以相同的格式儲存。
- 三、時間變異（time-variant）：由儲存的資料來提供的資訊，有一定的時間區段限制且需在適當的時間點定期更新，到作業系統擷取資料以保持時效性。
- 四、唯讀性（nonvolatile）：資料載入資料倉儲後即難以更動，其操作僅有二個動作即初期的載入資料與存取資料，具有唯讀性及累積性。

Chorleywood(1997)提出「資料倉儲是一種”概念”，而非一種產品，資料倉儲是一個多重來源，且通常是大量(voluminous)的檔案，於一個特定資料庫的概念。此外亦需提供一些特殊的工具，來輔助大量非結構(unstructured)、無規劃(unplanned)的資料擷取(extraction)作業；強調「資料倉儲」這個術語不夠精確，「倉儲」這個字眼過於被動消極(passive)，只能表達一個資料儲存中心的意義而已；以「資料工廠(data factory)」或「資

訊工廠(information factory)」來取代，因為透過資訊工廠內人員，或機制適切的處理，能夠提供資料本身之外的功能及智慧，是一個強而有力(vigorous)且積極的定義」。

Hoven(1998)認為資料倉儲是一套經過改良的決策支援系統，它產生高階的、整合的、系統的、結構化的資料，使其可以被解釋、查詢、報告、分析以協助商業的決策。

而資料倉儲大師 Kimball(1998)定義「資料倉儲是由日常的交易紀錄中抽取出一群靜態的資料，以提供決策支援相關應用」。

2.3.2 資料倉儲發展

資料倉儲為資訊科技發展的結果，由資料庫技術的進展來看，其發展階段依序具有以下功能：資料蒐集 (data collection)、資料庫建立 (database creation)、資料管理 (data management) 包含資料儲存與取得及資料庫交易流程、資料分析 (data analysis)、理解 (understanding) 包含資料倉儲及資料探勘，其發展歷程如圖 10 所示。

在 1980 年早期，以實體關聯資料塑模(Entity-Relationship Modeling)方法來設計資料庫，此方法以正規化(Normalization)消除資料重複性和資料不一致性，因為此種資料庫設計方式可在最短的時間處理每筆交易，所以非常適合於日常作業型資料庫。但由於 ER-Model 採用正規化，並無法從事複雜的查詢工作，且為能提升即時處理之效率，通常只會儲存目前的資料，而不會儲存歷史資料，無法供給決策需求之用。

資料倉儲為接近 1990 年代才產生的概念，一直演變至今才逐漸日趨成熟，主要是提供決策所需之資訊，使得其查詢工作必須要從大量的資料中去歸納分析，成為備受矚目並有效輔助企業的利器，如表 9 為藉由資料庫管理系統與資料倉儲的比較，以更清楚說明資料倉儲與過去資料庫系統型態上的差異。

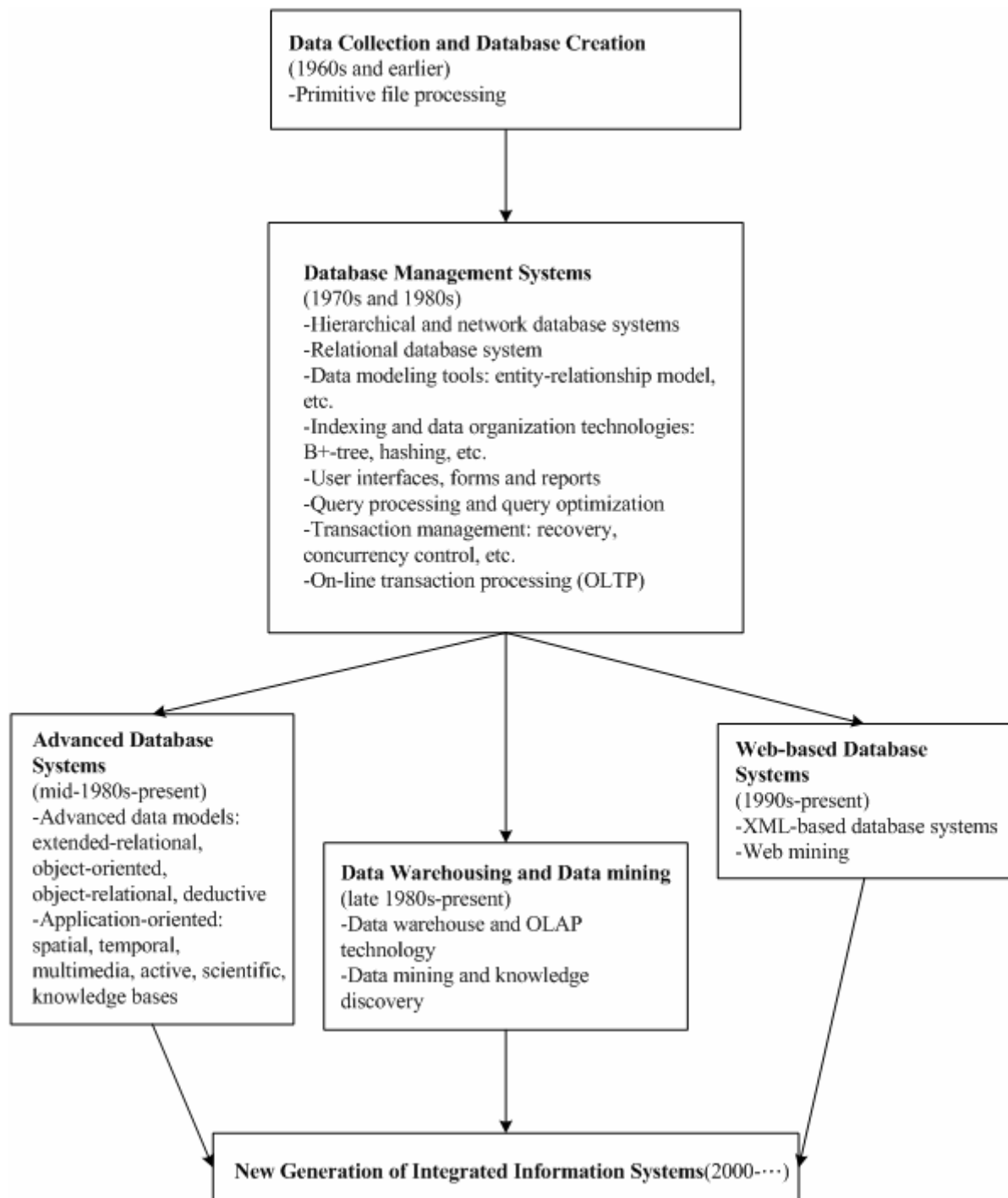


圖 10、資料庫技術發展【R. Elmasri , S. B. Navathe 2000】

作業型資料庫系統著重的是線上即時的交易與查詢的過程，此種系統即稱之為線上交易處理（On-Line Transaction Processing, OLTP）系統，它著重的是以支援日常的作業為導向，如採購、存貨、製造、銀行、註冊與會計等相關記錄。而資料倉儲系統則提供管理者或知識工作者資料分析與作決策的功能，幫助其能夠快速與方便地取得所彙總的資料及依據倉儲中的資訊來訂定較佳決策，此種系統能夠因應不同使用者的需求來組織與呈現資料於彈性的格式，此種系統即稱之為線上分析處理（On-Line Analytical Processing, OLAP）系統。

表 9、OLTP 與 OLAP 系統的比較

特性	線上交易系統 (OLTP)	線上分析系統 (OLAP)
目標	以交易為導向，控制與執行基本的企業任務	以主題為導向，協助規劃、解決問題與決策支援
著眼點	著重於「微觀查詢」，支援操作流程，也就是使用者可以查詢到他所需要的細項資料	著重於「宏觀查詢」，支援資訊流程，也就是協助高階層主管了解與掌握問題
使用者	一般人員或 IT 人員	知識工作者（如管理者、執行者、分析者）
使用頻率	重複性	隨機性
資料的呈現	以二維、文字導向的方式，持續進行之企業流程之快照	以多維度、圖形導向的方式呈現不同的企業活動
資料特性	目前的、明細的資料	歷史性、彙總性的資料
資料存取	讀寫（Read/write）	唯讀（Mostly read）
資料一致性	微觀的，強調每個單一的交易是否完整處理	巨觀的，關心載入的資料是否為完整一致的資料組合
資料庫設計	資料表格的正規化，以日常作業效率為導向	使用星狀(star)或雪花(snowflake)結構，主題為導向
處理次數	處理次數多，但每筆交易的資料量小	處理次數少，但每次處理包含的資料量非常大
處理速度	非常快速	依照查詢資料的量與複雜性而定
空間需求	如果歷史性的資料備存後，空間之需求相當的小（100MB to GB）	因為彙總資料與歷史資料的存在，空間的需求相當大（100GB to TB）

資料來源：整理自【Inmon 1996、Chaudhuri, Dayal 1997、Han, Kamber 2000】

2.3.3 資料倉儲架構

資料倉儲的架構主要分為後端的資料來源、核心部分的資料倉儲與資料超市的建置、前端分析工具三大部分，其各部分組成的元件【Jawei & Micheline,2001】，如圖 11 所示，並詳述如下列各項：

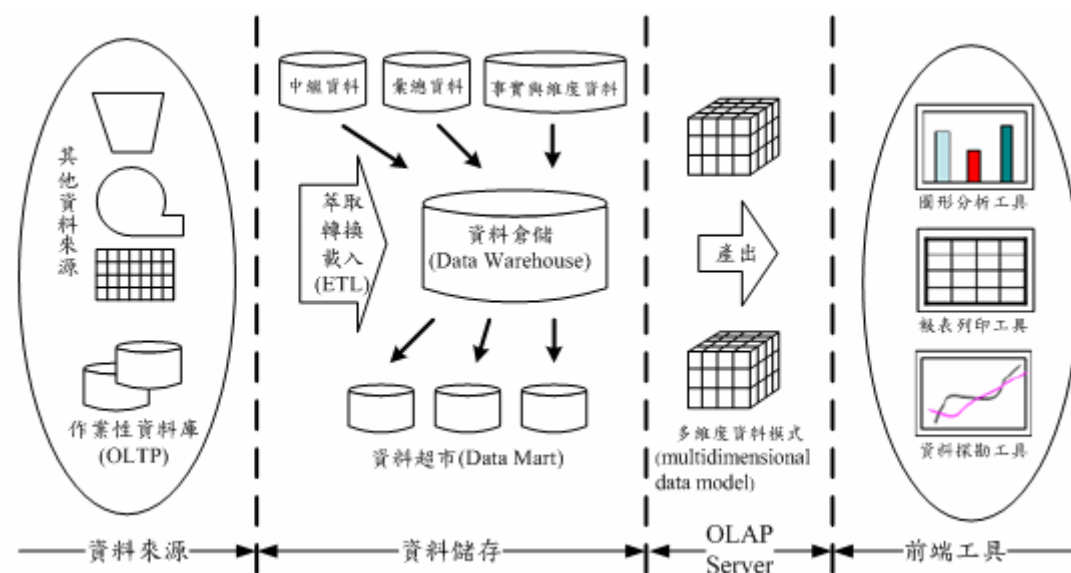


圖 11、資料倉儲架構（整理自【Jawei, Micheline 2001】）

一、資料來源

資料倉儲的資料來源主要是 OLTP 資料庫的資料，其它的資料如舊系統 (Legacy system) 資料或外部資料，如產業間業的資料、政府的統計調查資料等。由於這些資料來自不同的資料庫，所以儲存檔案格式不一。

二、資料的萃取(Extract)、轉換(Transform)、載入(Load)工具

此類工具主要是要整合異質資料庫的資料，自作業資料庫的資料擷取所需之資料，接著經過淨化、轉換、整合的動作後將資料存放於資料集結區 (Data Staging Area)，之後於某一特定的時間將資料載入至資料倉儲。資料的淨化、轉換、整合之動作，主要是針對不同的資料來源其欄位名稱、欄位型態、單位以及大小之定義不同，或是資料有遺失、有誤之部分作淨化、轉換之動作。通常這個部分是資料倉儲建置的困難度最高的部分，根據資料倉儲協會 (Data Warehouse Institute) 所做的統計調查，約有 80% 的心力投入於此階段工作【英孚美 2000】

三、資料超市(Data Mart)

吳妹蓓(2002)提到資料超市有如資料倉儲的衛星城市，可以存在於企業各部門中。企業先行採用資料超市的好處在於：節省成本、精確符合各部門需求與快速建置，但需考量未來可能臨到擴充與整合的問題，以避免將來資料超市不斷增加，資料卻無法互通，便造成資料浪費的情形。

四、線上分析處理(On-Line Analytical Processing, OLAP)

OLAP 以多維度之方式讓使用者可以隨時查詢、分析資料、並利用各種工具在網路介面上呈現各種分析結果，或製報表，而這些分析的結果，也能夠依據使用者需求與製作曲線圖、長條圖、餅圖等，讓決策者在視覺上可以一目了然，進而在短時間內詮釋資訊以做出適切的判斷。

五、前端存取工具

由於資料倉儲的使用者非常廣泛，因此在前端方面不同的使用者會依據自己的需求選擇適當工具，取得資料。主要包含資料查詢及報表(Data query and reporting)、臨時性報表(Ad hoc reports)、資料探勘(Data Mining)、主管資訊系統(Executive information system, EIS)。陳朝智(2002)認為資料探勘是運用人工智慧及搜尋方式，從企業所蒐集的市場、客戶、供應商、競爭對手以及未來預測等大量資料中，找尋如趨勢(Trend)、特徵(Pattern)及相關性(Relationship)等隱藏在背後具特殊含意的訊息，以執行預測模型、市場區隔、關聯分析及偏差行為等作業。決策者可據此發現問題或機會，進而採取下一步的行動。OLAP 可解決資料分析的需求，Data Mining 則是告訴決策者所收集到的資料顯示的意義。不過，Data Mining 有效的先決條件是，存在於資料倉儲中的資料需具有一定的可信度。

六、中繼資料(metadata)

Alex Berson , Stephen(1997)提到中繼資料是一種描述資料倉儲資料的資料(Data about data)。資料倉儲的中繼資料分為技術中繼資料(Technical metadata)與商業中繼資料(Business metadata)兩大類。技術中繼資料包含資料倉儲設計、監督、開發及管理過程相關訊息，如資料來源定義、資料淨化(Data cleansing)、轉換、及資料倉儲資訊物件結構與存取權限等；商業中繼資料主要提供用者一種商業觀點、簡單易懂的資訊，如資料倉儲主題、以商業術語包裝的資訊物件及企業查詢物件

(Information object or business query object)、資料倉儲作業狀態資訊等。

七、事實與維度資料

在一資料倉儲中資料可以區分為事實資料 (fact data) 與維度資料 (dimension data) 此兩大類，事實資料為最原始且已發生的數據資料紀錄，往往佔總資料量的大部分比例，而維度資料主要是為了方便查詢而設計，可變更、新增與刪除，且遠少於事實資料的數量，為文字敘述資料。

2.3.4 多維度資料模型

過去傳統的資料庫管理系統儲存資料，所採用的資料表為二維的資料儲存結構，資料倉儲與線上分析處理都是以多維度資料模式 (multidimensional data model) 為基礎發展而來的，此模式識別資料是由資料方體 (data cube) 中取得。

而資料方體(cube)是資料倉儲中所建立的資料集合，它由一個事實資料表(fact table)和一群維度資料表(dimension table)所組成的多維度結構，讓資料以多維度的方式呈現。維度資料表記錄的是企業所想要保留記錄的資料，事實資料表則是針對資料倉儲的某一主題而設立，亦為維度資料表的中心，記錄的是與各維度資料表的關聯鍵及企業想要了解進行分析的數值型衡量 (numerical measures) 類型的數據，也就是量值(Measures)，量值是使用者所關心的事實(fact)，資料方體即對於經常被查詢的資料加以彙總，以事先運算方式加以儲存，提供快速之線上查詢及分析。

Kimball(1998)提出資料倉儲中的維度模型(Dimensional Modeling)，主要的結構有兩種如下：

- 一、星狀結構(Star schema)：是由一個事實資料表連結一群維度資料表所組成，看似關聯式表格，但其實它是反正規化 (de-normalized)，所以資料倉儲之特點便是以空間換取時間，並不似關聯式資料庫需正規化以減少資料重複儲存。
- 二、雪花結構(Snowflake schema)：是一個改良星狀結構的結構，一些維度資料表的層級正規化成另一個維度資料表。雪花結構可減少資料的重覆性，而且容易維護與節省儲存空間，但因為其結構在作查詢時，仍然需聯結(join)其它表格，如此反而降低資料倉儲運作績效。

如圖 12 所示為星狀結構的維度模型，銷售資料方體(cube)是由一個銷售(sales)事實

資料表與時間(time)、顧客(customer)、商店(store)、員工(employee)、產品(product)、促銷(promotion)六個維度所組成，dollars_sold、dollars_units、dollars_cost 是管理者關心的量值。

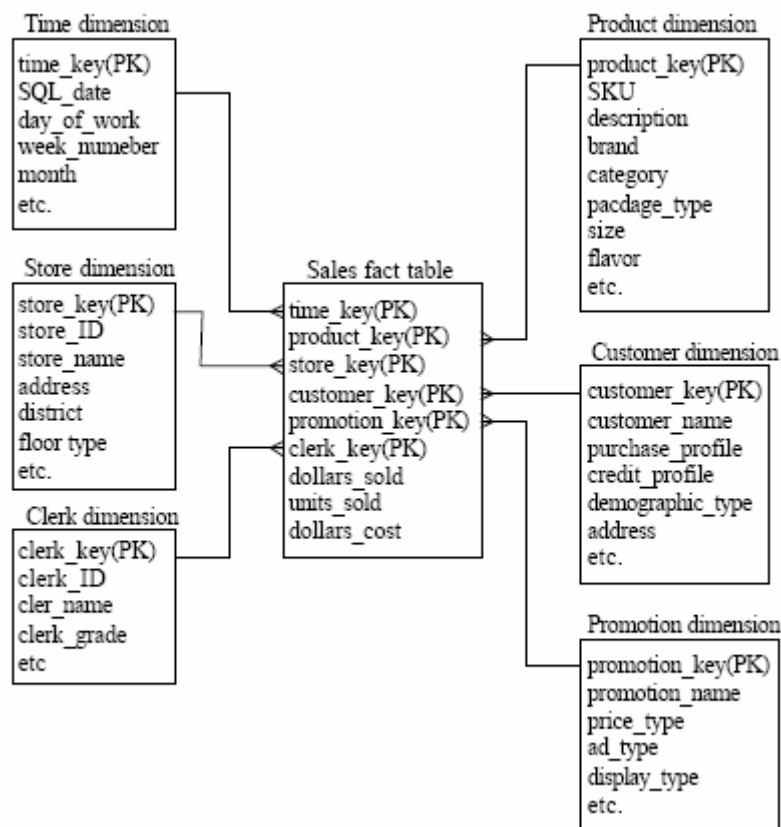


圖 12、銷售之星狀維度模型【Kimball 1998】

2.3.5 線上分析處理

線上分析處理（On-Line Analytical Processing, OLAP）為使用者使用資料倉儲的前端介面，其特性為具友善的介面能提供使用者輕易地從資料倉儲或資料超市中，彈性地取得與分析多維度的資料。依資料儲存的觀點，在 OLAP 的實體設計上可分為關聯式 OLAP 伺服器、多維度 OLAP 伺服器【Kimball 1998】及後來發展出的混合型 OLAP 伺服器三種。

- 一、關聯式 OLAP 伺服器（ROLAP）：並不會預先將資料彙總而只儲存其架構，採用延伸的關聯式資料庫管理系統儲存與管理倉儲內的資料，即將多維度的資料轉換至標準的關聯式資料庫，較 MOLAP 有彈性。

二、多維度 OLAP 伺服器 (MOLAP)：會預先將資料彙總並將其儲存在多維度資料庫，以陣列為基礎 (array-based) 的多維度儲存引擎能支援直接執行多維度資料的操作，具有快速運算的優點，但較佔空間。

三、混合型 OLAP 伺服器(HOLAP):結合 ROLAP 與 MOLAP 的技術,具有 ROLAP 較高的彈性與 MOLAP 快速的運算的優點【Han Kamber 2000】。

在線上分析處理操作方面，典型線上分析處理操作包括上鑽(roll-up)、深耕(drill-down)、切片(slice)、切丁(dice)、轉軸(pivot)五種分析方式【Jiawei, Micheline 2001】，舉例分述如下：

圖 13 是由建物、設備、時間 3 個維度所組成的校園設備維修資料方體(cube)，每一個維度都含有其階層屬性，例如：建物可依據學院別劃分，學院別可向下展開系所，系所向下展開棟館。

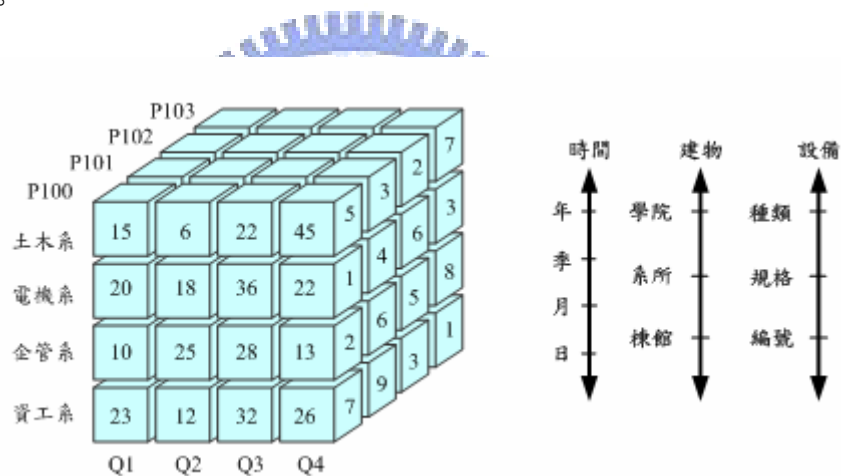


圖 13、校園設備維修資料方體

一、上鑽(Roll-Up)：縮小維度，顯示資料的彙總值。針對門市地區而言，若欲觀察建物各學院別(工、商、文學院)銷售情形，須將建物的維度縮小成學院別，如此就可觀察出各設備、各季在工、商、文學院的維修情形，如圖 14 所示。

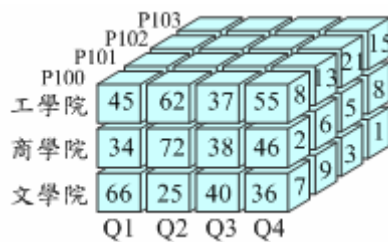


圖 14、上鑽示意圖

二、**深耕(Drill-Down)**：放開維度，顯示出資料的詳細值。針對建物這個維度，若欲觀察每棟館的維修情形，必須將建物維度的系所層級向下展開成棟館，以得各設備、各季在每個棟館的維修情形，如圖 15 所示。

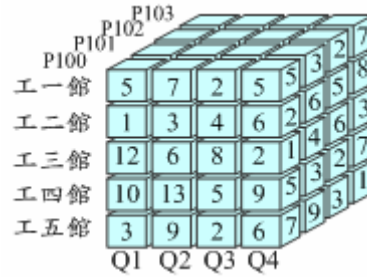


圖 15、深耕示意圖

三、**切片(Slice)**：固定某一特定維度值。此處選擇工一館作切片的處理，如圖 16 所示，可得到工一館在各設備、各季的銷售數值。



圖 16、切片示意圖

四、**切丁(Dice)**：各維度限定一定範圍。此例時間維度選擇Q3、Q4，設備維度維持不變，建物維度選擇工一館、工二館兩個棟館，如圖 17 所示。

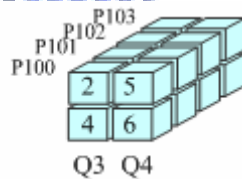


圖 17、切丁示意圖

五、**轉軸(Pivot)**：針對不同的象限，作旋轉的動作，以不同面向的方式呈現資料。如圖 18，將縱軸設備，橫軸時間，轉變成縱軸時間，橫軸設備。

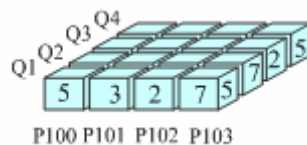


圖 18、轉軸示意圖

2.4 小結

本研究整合三大領域包括建築設備維護、績效評估與資料倉儲，以績效評估發展建築設備維護決策之資料倉儲系統，綜合本章對於過去相關研究之回顧，並無整合此三領域的相關研究，故蒐集各領域與本研究相關部分，並針對各領域說明如下：

一、建築設備維護管理的探討

國內外多以物業的角度探討範圍較大之設施管理，針對建築設備在維護管理上的文獻較少，故本研究也將工業工程的設備文獻列入參考，而建築設備與工廠設備的目的雖不盡相同，前者是強調生活的安全便利，後者是強調生產的經濟效益；但整體來看維護管理講求設備產出最佳化，包含降低運作成本、維持設備性能運作及延長設備壽命等的最終目的卻是相同的。

二、建築設備的維護績效評估

本研究站在業主的維護立場，蒐集相關設備維護文獻，並透過專家訪談了解實務上所關心的設備維護指標，主要分維護成本及故障頻率兩種方向，因維護原則上須兼顧經濟性與機能性，即維護成本與設備性能達到最佳的運用，維護成本通常為管理者最關心的數據指標，故有其探討的必要性。工廠設備往往將生產能力納入設備性能評估的重要指標，設備性能的可靠度分析常為主要的評估方式，實務上常見可靠度評定的數據來源為設備故障維修的頻率與狀況，建築設備設計上雖並無產品製造功能，且設備故障時的機會成本也難以計算，但設備故障會降低生活機能的品質，故本研究將故障率視為衡量建築設備績效的重要指標。

三、導入資料倉儲在建築設備維護管理上的應用

資料倉儲應用甚廣，但在工業設備維護管理上尚為新興研究，故參考相關領域已應用成熟的案例，導入資料倉儲的設計流程，待依管理需求選定設備維護指標及相關的影響因子後，展開後續資料倉儲的資料模型設計與發展 OLAP 系統。

綜合上述問題，過去尚未有針對建築設備建構資料倉儲系統的研究，因此本研究投入此領域進行探討，並嘗試建構適用於建築設備的維護決策輔助系統，希望能有效輔助建築設備維護上的決策品質。

第3章 決策支援系統模式

本章節目的為以績效評估概念，建構適用於建築設備維護上的決策支援系統（DSS，Decision Support System）模式，以資料查詢的方式達到輔助決策的功能。在 3.1 節說明系統的需求分析，比較資料儲存工具的差異，在 3.2 節與 3.3 節分別概要說明本系統架構與發展步驟；3.4 節將說明如何以績效評估探討決策資料需求的流程；3.5 節則為資料倉儲的建構流程，包括由績效評估發展而來的資料模型架構；3.6 節說明如何利用資料倉儲的資料檢視功能來支援績效指標的影響要因分析。

3.1 系統需求分析

為使決策支援系統滿足實務上的要求，在開發系統前須先了解使用者的需求為何，本系統目的以有效的資料查詢來支援相關決策分析，除了由資料儲存的角度探討外，更比較決策分析工具的差異性，及說明使用資料倉儲的優勢及效益。

3.1.1 使用者需求

針對建築設備管理及維護，本系統使用者主要為維護管理者，負責經辦維護業務及廠商洽談事宜，及擁有選擇維護廠商或設備廠牌等決策權力的管理者，因面臨各種維護方案選擇時會需要藉由查詢資料以獲得更客觀的判斷，本系統即幫助其找出較差或較好的維護績效項目以改善維護狀況，以實務訪談相關人員以了解使用者需求，整理如下。

- 一、統計分析方法需求不大，以簡易又直接的長條圖或趨勢圖為主。
- 二、經辦維護業務時需快速做決定，系統要能快速反應出數據分析結果。
- 三、設備數量、種類與廠牌逐漸增加，將使資料量龐大，應有效儲存與利用。
- 四、設備維護表現的影響因子牽涉複雜，分析架構應清楚且避免使用者混亂。
- 五、設備維護分析以圖形化的使用介面，其接受度會較高。
- 六、缺少系統開發或訓練預算，故系統佈建過程是否能低預算及高效益。
- 七、維護績效考核與評估分析，監督與改善差異。
- 八、要能篩選出較佳的維護廠商、廠牌、規格等優良的選擇，反之較差亦然。

3.1.2 現況概述

目前實務上的建築設備維護現況，可分公家機關、私人企業與住宅社區三者來說明，各有不同的維護管理機制、維護流程、管理人員及電子化程度。

- 一、公家機關：依政府採購法辦理招標流程，開放廠商投標及決標，簽訂維護勞務合約後，廠商依規範對建物內設備實施維修保養，或設立水電工班進行簡單維修處理，由營繕部門監督維護作業流程，由專職的經辦人員來處理維護事宜，在維護決策上受到相關法規的限制，如在廠商篩選上主要以採購法中的低價標來決定居多，或以過去經驗來進行限制性招標等方式辦理。目前已出現利用即時監控資訊系統來監督電力運作與耗電量等設備狀況，尚未做到以支援決策為出發點的影響分析功能。
- 二、私人企業：設立維護部門或委託物業管理公司負責部分或全部的設備維護事宜，由設備管理部門監督作業流程，對於維護業務的篩選機制上較為彈性，強調設備運作的經濟效益，大型企業甚至有良好的建築設備監控系統，讓維護管理更容易掌握設備的狀態，並可將歷史數據轉為簡易的圖形報表，但多以二維的資料比較居多，如顯示設備故障率與時間的關係圖，對於故障影響分析上還有很大空間留給設備管理者自行決策判斷。
- 三、住宅社區：聘請專人進駐或向水電行叫修處理，或委由樓管、保全公司等進行統包社區機電設備維護，由管理委員會監督作業流程，較強調住戶的使用便利性，而通常隨著管理費的等級不同，會有不同的維護品質，由於住宅社區的建築設備較為單純且獨立，如較無大型公用設備的存在，故普遍沒有使用維護資訊系統，設備篩選機制多以開會方式為主。

觀察以上三者維護管理上資訊系統的使用程度，對於影響分析的多維決策上較為薄弱，因一般資訊系統的資料儲存架構，多以傳統的關連式資料庫為主，若要進行多維度的資料檢視與分析，如進行歷年來各維護廠商所負責的各項設備中的維護費比較分析時，欲整合時間、維護廠商與設備此三維資料，需額外撰寫 SQL 語法才能順利展示決策時所需資訊，而設備維護牽涉的影響原因複雜，不利於傳統的資料儲存架構，後續將進一步展示資料儲存工具對於決策分析上的利弊。

3.1.3 資料儲存工具

建築設備之維護過程應長期存檔以利日後維護修繕時作為重要之決策依據考量，故資料儲存工具將影響決策時對資料查詢的效率，如表 10 所示，資料儲存與查詢的介面可分為三種方式，分別為傳統檔案、關聯式資料庫與資料倉儲，分別比較三者特性及說明決策導向的資料儲存需求。

表 10、建築設備維護資料儲存工具比較表

分析工具	傳統檔案 (Traditional File)	關聯式資料庫 (Database)	資料倉儲 (Data Warehouse)
目的	維護合約備查與維修保養紀錄留存	依作業自動化而設計，支援操作流程	依資料分析需求而設計，支援決策流程
方式	透過紙本與大型檔案櫃收藏資料檔案	以資料庫伺服器儲存，並可即時對資料進行修改與查詢	以 OLAP 伺服器儲存為資料方體，並以多維度模式呈現
資料呈現	以文字紀錄單筆資料，如某日期的維修記錄單或報價單，無彙整資訊功能	以電腦展示二維資料，如每月的設備維修費用查詢，可彙整資訊	以電腦展示多維度、圖形導向的方式，如每月各設備類型的各維護廠商的設備維護費用，可彙整資訊
查詢設計	需人工翻閱並搜尋大量文件，才可整理出查詢資料	需透過結構式查詢語言整併各資料表	拉取維度後可自動且快速的產生查詢資料
處理速度	極慢	非常快速	快速
優點	隨手可得，適合少量維護資料時使用	簡易查詢快速，表現資料的原始結構	儲存歷史性及彙總性資料，決策支援性佳
缺點	查詢相當不便，幾乎無法利用於決策	資料查詢尚須重新整合為決策所需資訊	傳統資料庫的建置完善將影響其決策品質
決策需求	<ol style="list-style-type: none"> 1. 留存大量的歷史資料以作為備查依據，應可看出趨勢變化 2. 以不同的角度來呈現其影響差異，幫助判斷與改善維護流程 3. 可由設備維護績效的角度進行有效的查詢，增加維護效益 4. 資料呈現須以決策資訊為主，並容易操作使用 5. 需考量資料查詢設計的時程長短，盡快支援使用者的需求 		

3.1.4 資料儲存適用性比較

本研究目的以輔助決策分析為主，此小節以資料儲存與查詢的角度，探討決策上的適用性，如表 11 所示，以使用者需求分析的內容項目，考量建築設備維護決策上適用的資料儲存工具，對上述三者資料儲存工具進行比較，找出適用決策支援的存取方式，可看出資料倉儲比起傳統檔案與資料庫，更適合建築設備的決策支援，也較符合使用者需求的資料查詢方式。

表 11、建築設備維護決策之資料儲存工具適用性比較

建築設備維護之使用者需求	傳統檔案	資料庫	資料倉儲
1. 統計分析方法需求不大，以簡易又直接的長條圖或趨勢圖為主		◎	◎
2. 經辦維護業務時需快速做決定，系統要能快速反應出數據分析結果			◎
3. 設備數量、種類與廠牌逐漸增加，將使資料量龐大，應有效儲存與利用		◎	◎
4. 設備維護表現的影響因子牽涉複雜，分析架構應清楚且避免使用者混亂			◎
5. 設備維護分析以圖形化的使用介面，其接受度會較高		◎	◎
6. 缺少系統開發或訓練預算，故系統佈建過程是否能低預算及高效益			◎
7. 維護績效考核與評估分析，監督與改善差異		◎	◎
8. 要能篩選出較佳的維護廠商、廠牌、規格等優良的選擇，反之較差亦然		◎	◎

3.1.5 決策分析工具比較

考慮市面上常見以儲存資料進行分析的軟體工具，有不同的資料儲存方式及可開發功能，針對資料對支援決策分析上所需要的處理功能，分成幾個比較項目來詳細說明本系統整合各軟體的考量因素，如表 12 是微軟系列的三種常見軟體，皆可利用其開發決策分析功能，本系統則整合此三種軟體的優點，開發適合建築設備維護的決策支援系統。

表 12、本系統採用分析工具之決策支援功能整合與比較

軟體 功能	Microsoft Office Excel 2003	Microsoft Office Access 2003	Microsoft SQL Server Analysis Service 2005	本決策支援系統 (整合三種軟體)
資料 儲存	以資料表物件與儲存格欄位組成，可以 VBA 撰寫資料庫功能	關聯式連接資料表 (Table) 物件，資料表格正規化，加速作業效率	多維度結構模型 (Cube)，預先儲存彙總運算，加速決策效率	以 Access 儲存日常作業資料，再轉換載入至資料倉儲中以 Cube 形式儲存
資料 運算	擁有龐大的函數庫可提供各種公式或資料的計算，計算功能強	可使用基本計算式，由識別字、運算子及值的組合來達到計算的結果	內建多維度運算式 (MDX) 可撰寫運算式，包括統計運算函數，建立資料導出成員	以 Access 查詢運算功能做簡單的運算轉換，在資料倉儲中再以 MDX 運算式導出所需資料
查詢 設計	可以 VBA 撰寫資料庫查詢功能	可利用查詢物件輔助進行符合 SQL 定義的敘述式查詢	以「MDX」為存取 OLAP 資料庫的多維結構資料查詢語法	以 Access 查詢物件整合資料表，再以資料倉儲設計資料結構綱要 (Schema) 以產生查詢
資料 呈現	支援樞紐分析圖表功能，可多樣化的動態檢視資料數據	支援樞紐分析圖表功能，動態檢視資料數據	內建查詢報表工具可設計報表模型，提供使用者自行設計報表介面	使用 Excel 增益集功能，讓使用者在 Excel 中可直接存取並動態呈現 OLAP 資料分析
使用 介面	提供樞紐分析圖表可彈性改變查詢欄位，動態檢視資料變化	內建表單物件可快速且方便建立查詢表單，減少程式碼的撰寫時間	內建簡易瀏覽器檢視 Cube 內的資料，需結合其他資料呈現工具	以 Excel 提供之樞紐分析圖表，可多維度彈性查詢，拉取維度即可分析統計圖表

軟體 功能	Microsoft Office Excel 2003	Microsoft Office Access 2003	Microsoft SQL Server Analysis Service 2005	本決策支援系統 (整合三種軟體)
決策 功能 上的 優點	強大的運算能力 可進行進階的統計 運算分析，並具有 優良的圖表工具	提供的表單物件 可快速的建構查詢 設計，並可彈性連 結其他開發程式	以反正規化的多維 架構儲存彙總性資 訊，以支援多維度 分析，查詢效能佳	多維度分析、圖形 化呈現、使用者操 作容易，查詢效能 佳，不需額外撰寫 程式
決策 功能 上的 缺點	非真實資料庫， 查詢設計功能薄 弱，需以 VBA 額 外撰寫程式	資料表正規化過 細，資料表整合費 時費力，且查詢效 能不佳	仍須關聯式資料 庫作為設計基礎， 且圖表呈現功能 不佳	須整合三項軟體， 擴充性侷限
功能 優勢	資料分析 資料呈現	資料儲存	資料分析	資料儲存 資料分析 資料呈現

註 1、VBA：英文全名為 Visual Basic for Application，是提供 Microsoft Office 執行後台處理功能的編程語言。

註 2、多維度運算式 (MDX)：英文全名為「Multi-Dimensional eXpressions」，是為存取 Analysis Services 多維度結構資料 (Cube) 所開發出來的語言。

3.2 系統架構

本系統架構有別於一般資料倉儲設計，加入績效評估的概念以循序漸進發展出適合建築設備維護決策的支援系統，系統主要分成三大部分，如圖 19 分別為資料來源、資料模型與資料展現，以下將個別說明：

一、資料來源

主要為線上交易處理（OLTP，On-Line Transaction Processing）系統，也就是日常維護上的作業性資料庫，本研究參考常見的設備維護管理系統 CMMS（CMMS，Computer Maintenance Management System），或一般檔案文件所記載的維護合約或記錄，並對資料移動與轉換(ETL，Extract、Transform、Load)以進行後續的資料倉儲工作。

二、資料模型

以績效評估發展資料倉儲所需要的資料處理過程，由維護策略所設定的分析主題，發展適當的績效指標與影響因子，再藉此設計事實資料表（Fact table）與維度資料表(Dimension table)，此為設計本系統資料綱要(Data Schema)的兩大重要資料類型。而維護策略可能有好幾個分析主題，也將有不同的資料綱要，以中繼資料的形式來描述其資料型態與組成架構，而將定義好的資料儲存為詳細資料，彙總資訊則是以維度為基準對事實資料進行事先加總，可加快查詢的執行效能。

三、資料展現

為了達到多維度的資料模式呈現，以線上分析處理（OLAP，On-Line Analytical Processing）技術將資料集合以資料方體（Data cube）的形式事先儲存，再利用前端分析工具設計使用者介面，以圖表的形式瀏覽系統資料。

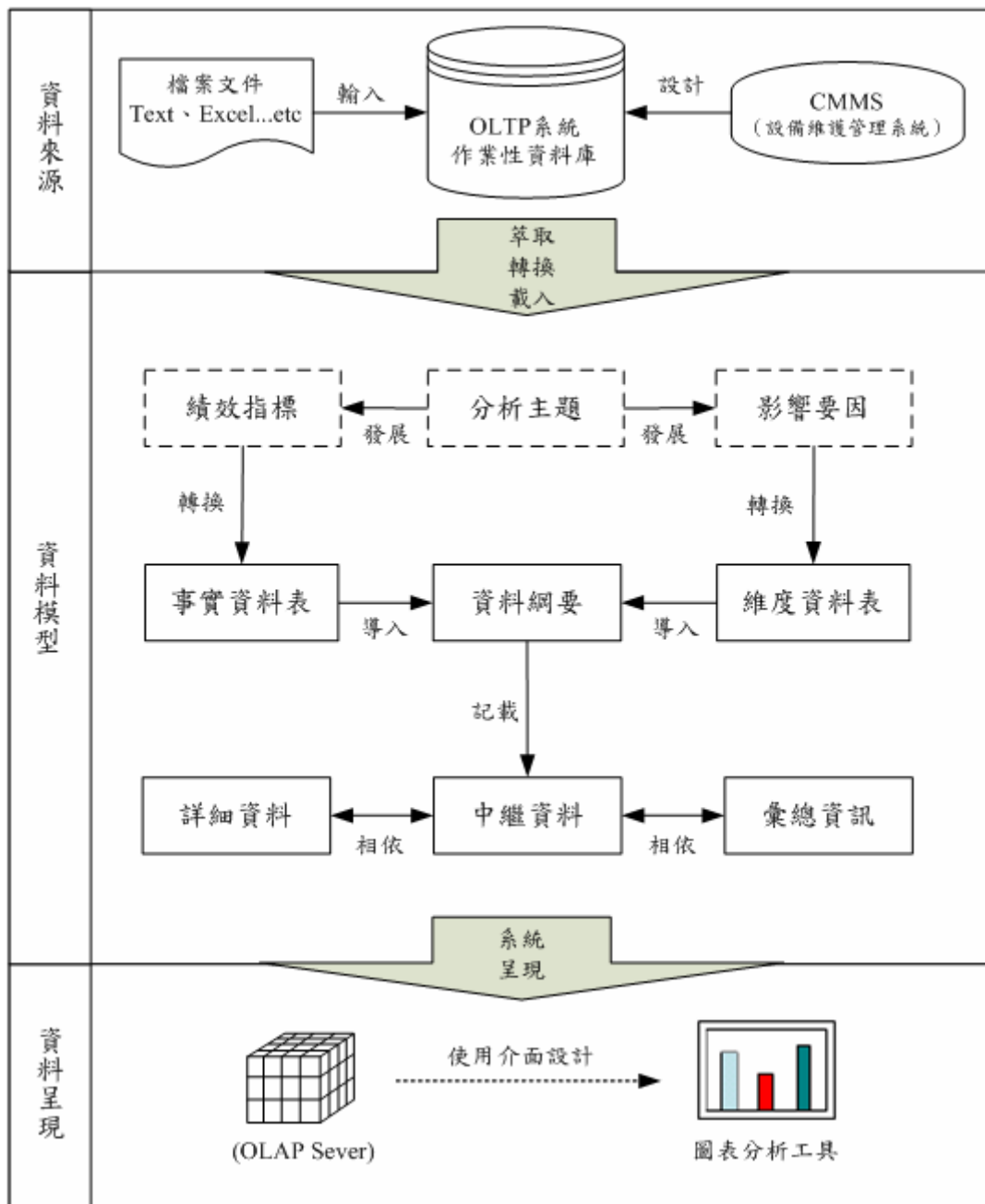


圖 19、決策系統架構

註 1、CMMS：電腦維護管理系統（Computer Maintenance Management System）

註 2、OLTP：線上交易處理（On-Line Transaction Processing）

註 3、OLAP：線上分析處理（On-Line Analytical Processing）

3.3 系統發展步驟

本小節為發展建築設備維護決策系統的步驟，目的以績效評估的發展概念探討決策上的資料需求，並為其建置資料倉儲系統，由於資料倉儲中的資料模型由績效評估發展而來，故分為主系統與子系統說明，如圖 20 所示為本系統的發展步驟流程，包括績效評估的步驟及資料倉儲的建置流程。

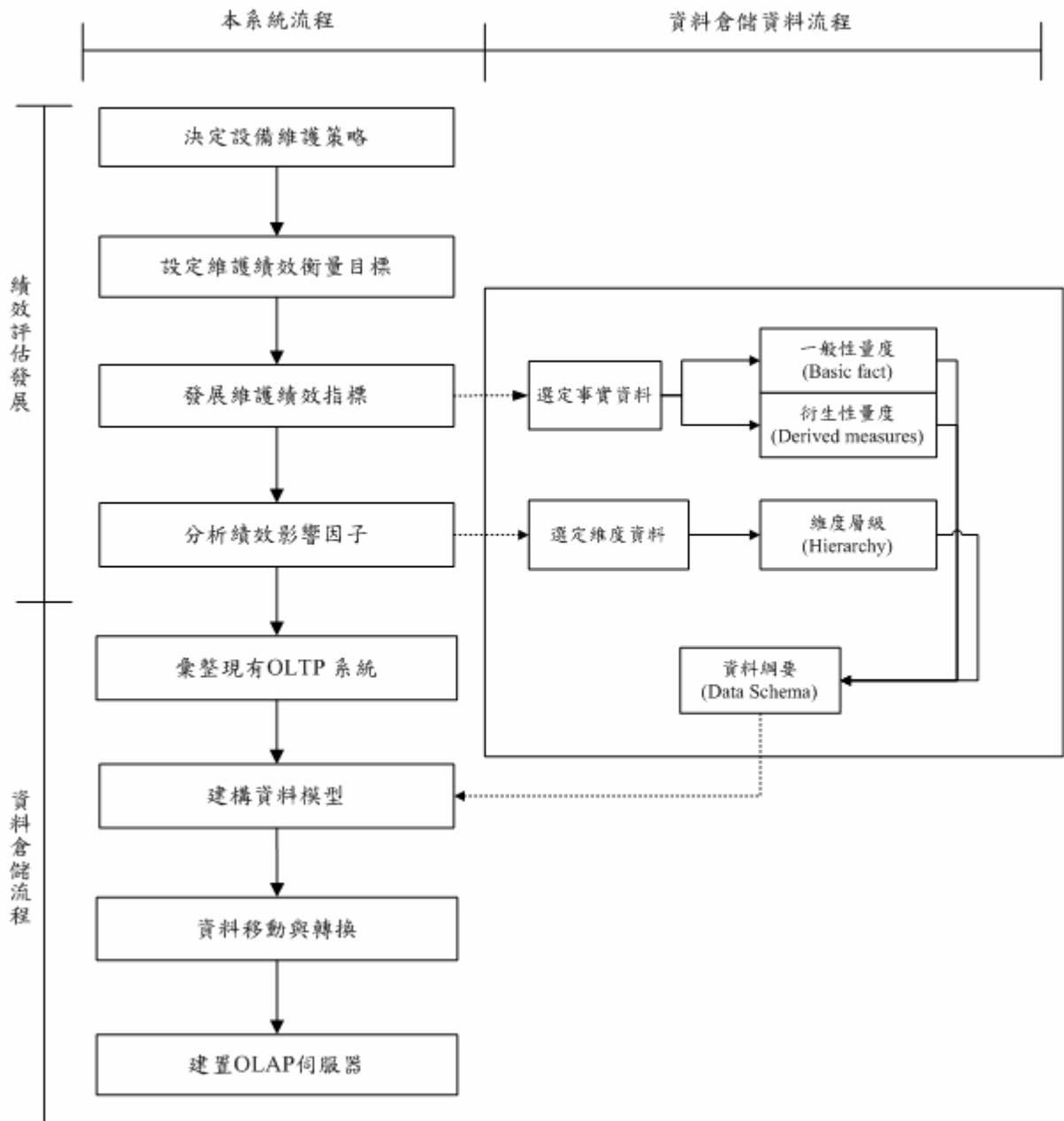


圖 20、系統發展步驟

3.4 績效評估發展

績效評估以策略導向來衡量績效指標時，績效指標設計的考慮因素與層面複雜，需有一套準則來循序漸進的規劃思維，以找出可幫助策略執行的績效指標及影響因子以供後續績效改善的執行。參考 2.2.3 小節相關學者提出績效指標建立的原則、步驟，並加入影響因子的分析以探討兩者關係，參考並整理出維護績效評估的發展流程，後續將詳細說明。

3.4.1 決定設備維護策略

此一步驟包括收集和檢視背景資料，確認其建築設備的維護流程；讓設備維護管理者跳脫例行公事，審視重要的策略議題，依衡量執行成效的各績效類型來發展建築設備的維護績效指標，參照 2.2.2 小節並整理相關學者的分類，為達到策略目標必須有相對的績效指標來幫助衡量其成效，如表 13 為蒐集相關文獻所整理出設備維護策略上的五大績效類型，分別為維護成本、工作計畫、人力工時、設備效能及物料管理，可發現維護成本與設備效能最受到重視，故後續將針對維護成本與設備效能此二類型進行探討與分析。

表 13、績效指標類型之相關研究

相關文獻 \ 績效類型	維護成本	工作計畫	人力工時	設備效能	物料管理
Roup 2004	◎	◎	◎		
Mathew et al. 2002	◎			◎	
Jose et al. 2002				◎	
WesterKamp 1998	◎				◎
Dunn 1998				◎	
Groote 1995	◎			◎	
Pintelon 1990	◎	◎	◎	◎	◎
DuPont 1995	◎	◎	◎	◎	◎

3.4.2 設定維護績效衡量目標

績效指標應和維護目標需求一致，因此在規劃績效評估制度時，應由策略面來發展設備維護績效指標，選定績效類型後擬定探討目標，如維護成本類型中可擬定維護費為維護目標，目的為降低設備在正常使用下的維護費用，其衡量方法可利用維護金額或月平均維護費來衡量該目標的績效變化，以提供維護管理者作為資源及預算分配的依據。

建築設備的維護成本類型上，主要是為了有效節省維護預算，其維護成本常涵蓋兩個維護目標，說明如下：

- 一、維護費目標：為精簡維護預算，須降低設備為維持正常使用而需付出的維護花費。
- 二、採購費目標：降低設備購置後的維護費用比例，以改善採購時疏於考量後續維護預算的問題。

設備效能方面因建物設備少有監控裝置，故不易衡量標準範圍，主要以其故障的多少來評估其維護品質表現，在設備效能類型上的三個維護目標，說明如下：

- 一、可靠度目標：設備的故障及維修皆會帶來日常上的不便，而設備劣化會影響故障率的變化，故希望降低故障率以提高設備的可靠度。
- 二、維修度目標：維修時間若過長也將影響正常使用，須加強報修處理的速度。
- 三、可用度目標：設備若停擺時間拉長將影響原有的機能運作，也造成時間成本的機會損失，更凸顯資產的閒置浪費，故提升其使用時間為重要的策略要點。

3.4.3 發展維護績效指標

因設計資料倉儲前必須了解哪些是驅動建築設備維護更有效率的績效指標 (Performance Indicator)，並將其轉換為可衡量的量值，故發展容易量化的績效指標，有助於導入資料於資料倉儲流程；在上一步驟決定維護績效的目標後，其第二大績效類型可分出五項目標，建立方式為由上而下的設計方式，依維護目標來尋找可衡量執行成效的績效指標。可參考 2.2.2 節所整理的各維護績效指標及衡量方式，選擇適合建築設備在維護上的績效指標內容，此關係到下一步驟影響因子的蒐集面向，及後續資料倉儲對資料轉換的難易程度，如表 14 為依設備維護策略擬定績效類型與維護目標所發展出之績效指標，各有對應之績效指標(PI)以作為衡量維護成效之用。

表 14、建物設備維護績效指標

績效類型	維護目標	績效指標 (PI)		評量方法
維護 成本	維護費	總維護費用	PI ₁	總維護金額
		月平均維護費	PI ₂	總維護金額/使用月數
	採購費	總採購費用	PI ₃	總採購金額
		資產維護比	PI ₄	總維護金額/採購金額
設備 效能	可靠度	總故障次數	PI ₅	總故障次數
		平均失效間隔	PI ₆	設備使用時間/總故障次數
	維護度	平均維護時間	PI ₇	設備停止時間/總故障次數
	可用度	設備利用率	PI ₈	設備使用時間/(設備使用時間+設備停止時間)

註 1、維護費：將建築設備的維護業務委託專業維護廠商時支付的維護金額。

註 2、採購費：購置對象為建築設備時支付的實際金額。

註 3、可靠度：一般稱為「平均失效間隔」(MTBF, Mean Time Between Failures)，指的是設備於正常的使用狀況下，此次設備故障至下一次設備故障間的平均時間。

註 4、維護度：一般稱為「平均維護時間」(MTTR, Mean Time To Repairs)：指的是設備於正常的使用狀況下，當設備發生故障時用來修復該設備直到恢復為正常狀況所花費的時間。

註 5、可用度：一般稱為「設備利用率」(Availability) 依日本 JIS Z8115 的解釋為一個可修護的系統，在可運轉和寄望的狀態下，於規定的時點或時段，此一系統能在一定時間週期內，做出其指定功能狀態的機率。

3.4.4 分析績效影響因子

在上述的績效指標建構完成後，接著透過蒐集文獻以分析績效指標受到哪些因子的影響，探討的績效類型延續上一步驟的維護成本與設備效能，接著進一步分析此二績效類型的影響因子，以供後續進行績效改善的依據，並以特性要因圖(Cause and Effects Charts)來說明維護績效品質的影響，及影響品質之主要因素與次要因素三者間的因果關係，如圖 21 為本章節探討建築設備的維護成本與設備效能兩大績效影響之特性要因圖，由 2.2.4 的相關文獻整理可發現重要影響的因子，可概分為四大類型分別是建物設備、性能狀況、維護策略與維修保養，皆可繼續向下細分其影響因子，後續將個別對其探討。

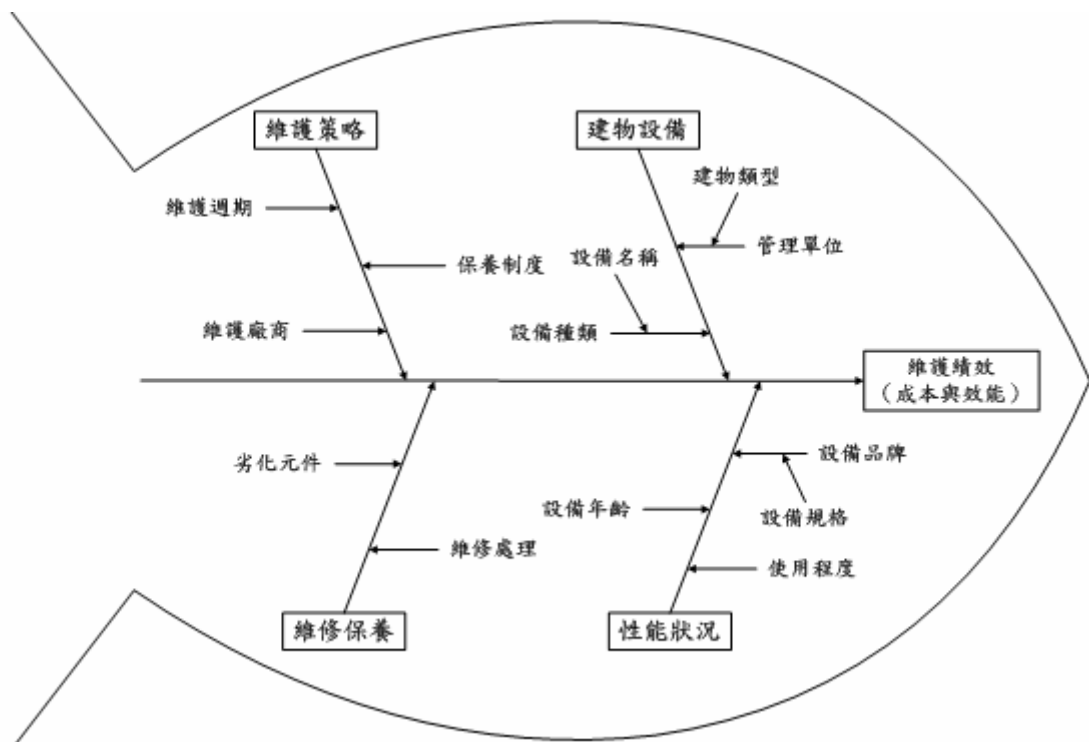


圖 21、設備維護績效之特性要因圖

由於各影響因子對績效指標作用的程度不同，以維護成本與設備效能二大類型初步探討，如表 15 為影響因子的細部分類與其對績效關係的說明，而時間可看出績效衡量值的變化趨勢，故也將其列為重要影響因子，在此所探討績效與影響因子的關係，將發展為資料倉儲流程中的資料綱要架構。

表 15、兩大績效類型之影響因子

績效類型 影響因子		維護 成本	設備 效能	說明
建物 設備	管理單位	◎		校內各管理單位負責監督各棟建築物，具管理義務與責任，故影響到設備維護預算的配置。
	建物類型	◎		不同的建物類型其內部設備的數量與規格等會有所變化，而維護成本也會有視設備狀況而不同。
	設備種類	◎	◎	不同的設備種類各有其維修項目與保養方式，其維護成本與故障處理狀態皆不相同。
	設備項目	◎	◎	如空調系統包括冰水主機、空調箱與冷卻水塔等設備項目，由於設備屬性皆不相同，無論是成本或效能影響差異大。
性能 狀況	設備品牌	◎	◎	設備的品牌差異會影響更換零件單價及設備的耐用度，選擇好的品牌一般來說會有好的相對績效。
	設備規格	◎		設備規格決定設備元件的尺寸、功能及汰換價格，越大型的設備通常維護成本越高
	設備年齡	◎	◎	設備隨著使用時間越長其損耗越大，維修回復的效益逐漸變差，對於維護成本與效能都有負面影響
	使用程度		◎	使用越頻繁其損耗越大，維修回復趕不上損耗速率時，會造成設備效能無法達到使用要求
維護 策略	維護廠商	◎	◎	維護廠商關係到服務品質與相對費用，藉由衡量績效指標以達到對廠商監督與評估的目的
	保養制度	◎	◎	各保養制度有不同的維護方式，由績效可看出何種制度可有較佳的成效，以選擇最適的保養方式
	維護週期	◎	◎	一般來說，維護週期越長，維護成本越小，設備效能越差，故探討此項因子以選擇最佳的維護週期
維修 保養	劣化元件		◎	設備會隨著元件老化導致故障增加，了解其績效影響可幫助事先預防並給廠商建議
	維修處理		◎	維修處理的方式差異，將影響設備效能，如更換新品及一般維修，其設備的績效表現不同
時間		◎	◎	時間一般為指標衡量值異動的必要原因，可看出歷史績效值的變化

3.5 資料倉儲流程

為了支援以績效評估為決策基礎，並利用資料倉儲建置呈現系統，分析績效指標與影響因子的關係，因資料倉儲目的為學術探討，故以資料模型為重心的發展模式為主，建構符合建築設備維護及支援績效改善之資料倉儲系統模式，本小節將對發展步驟進行說明。

3.5.1 彙整現有 OLTP 系統

線上交易處理 (On-Line Transaction Processing, OLTP) 系統，它著重的是以支援日常的作業為導向，也就是線上即時的交易與查詢的過程，而在設備維護管理上的電腦系統，一般稱之為電腦維護管理系統 (CMMS, Computerized Maintenance Management System)。Daniel (1998) 表示 CMMS 為一系統解決方案，主要的目的為增加維修的效率，並提出 CMMS 的基本輸入及輸出的概念，包含的幾個部分如圖 22 所示。

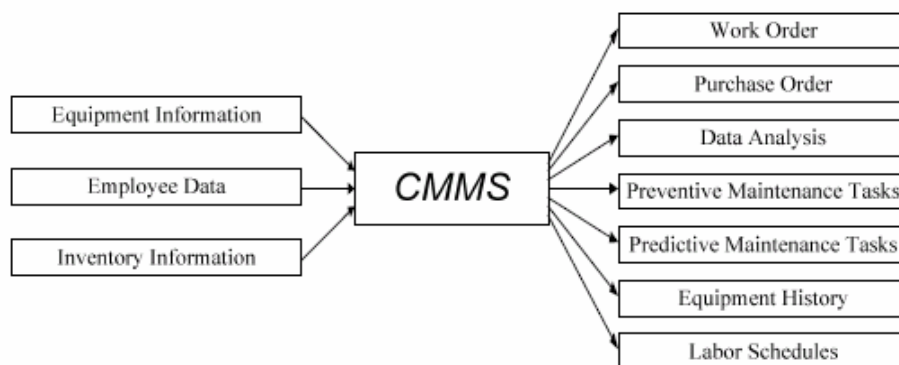


圖 22、電腦維護管理系統所涵蓋範圍

本研究參考的設備維護資料庫系統，主要為目前台灣地區常使用的兩套電腦維護管理系統，分別為 Maximo 與 ProTeus II / Maintenance Manager II 的相關資料內容，相關研究針對此兩者系統整理出 CMMS 應有的完整模組，包括完整的資料表格欄位，以便往後開發程式時能有可供參考的依據【簡輝彥 2002】。

系統採用關聯式資料庫來建構維修資源資料庫資料表，關聯式資料庫對於建構維修資源系統具有相當的彈性，它提供彈性設計的應用程式環境，對於機器設備中所產生的資訊，也能輕易地定義成表格的形式，透過表格間的關聯性來減少資料的重覆性，以及資料重覆所造成儲存媒體的浪費，並提供使用者方便查詢的功能，因此而廣泛被採用。

利用關聯式資料庫管理系統可將設備相關資料建成資料表，資料表的欄位屬性資料可做為設備資訊、成本控制、工作排程、人力規劃與物料庫存等的重要資訊來源，除可使設備操作更加方便，對於設備故障的資料亦可完整的紀錄保存，便於未來對機器作進一步的分類故障類型與故障原因分析，在 CMMS 中幾個較為重要的模組，分別是預防保養 (PM)、存貨 (Inventory)、設備 (Equipment)、日曆 (Calendar)、工作計畫 (Job Plan)、員工 (Employee)、採購 (Purchasing) 等，針對這些模組來定義與設計維修資料庫中的各個資料表。

3.5.2 建構資料模型

根據 Kimball(1998)所提出的多維度資料模式，其建立是針對現有的操作資訊系統（一般稱之為 OLTP 系統）中之綱要及欄位的描述，並考慮事實及系統初始化工作量的部份，再由資料倉儲系統中的事實去創造資料內的維度綱要(Dimensional scheme)，此概念化的設計架構是根據定義維度事實模式(Dimensional fact model)而來的，其中維度事實模式是由事實集合所組合而成的，當中的事實是每一個事實綱要的集合。每一個事實綱要的組合過程均來自於使用者需求，先是根據當中資料屬性的性質，來建立其樹狀的屬性與圖形化的階層，並對屬性做修改及轉化，再來定義其中所含有的量值、維度及維度階層。根據維護策略發展出績效指標(Performance Indicator)及影響要因(Factor)，形成事實資料 (Fact Data) 與維度資料(Dimension Data)的基礎，並以資料綱要 (Data schema) 儲存其關係架構，使資料以多維度立方體 (Data cube) 的方式儲存於 OLAP 伺服器中。

選定事實資料與維度資料

利用個案對象的決策需求，所對應的績效指標衡量方式，包括績效指標及相關影響因子，尋找其作業性資料庫系統 (OLTP系統) 的資料來源，依此資訊找出事實資料 (Fact data) 以及維度資料 (Dimension Data)，所謂的「事實」就是待分析的數值資料，「維度」就是維護管理者分析資料的角度，也是資料方體 (Cube) 中重要的元件，簡單的說，維度是有組織的類別階層架構，此種類別成員架構就是層級 (Level)，主要是用來說明事實資料表中的資料。如表 16 為依 3.3 節所整理之影響因子，為了以層級關係清楚檢視故將其轉換為維度資料，「建物設備」影響因子分為建物與設備類型二維度，「性能狀況」影響因子分為品牌規格與設備壽命二維度，其餘保持不變的原有型態。如表 17 為依 3.3 節的維護目標與影響因子關係，整理出對應的維護目標與維度矩陣表，將以此作為資料倉儲中資料綱要的關聯。

表 16、影響因子轉換為維度資料

影響因子	維度資料
建物設備	建物
	設備類型
性能狀況	品牌規格
	設備壽命
維護策略	維護策略
維修保養	維修保養
時間	時間

表 17、維護目標與維度資料矩陣表

維度資料 維護目標	建物	設備 類型	品牌 規格	設備 壽命	維護 策略	維修 保養	時間
維護費	◎	◎	◎	◎	◎		◎
採購費	◎	◎	◎				◎
可靠度		◎	◎	◎	◎	◎	◎
維護度		◎	◎	◎	◎	◎	◎
可用度		◎	◎	◎	◎		◎

一般性量度與衍生性量度

此步驟乃根據維護目標中的績效指標，來產生待分析事實中的量值(Measures)，量度就是使用者所關心之事實，它是會隨著日常的維修保養作業而變動的，量度分為一般性量度(Basic fact)，可由來源資料轉換時直接獲得；另一是衍生性量度(Derived measures)，需要將轉換過後之資料，由兩個以上之屬性經由運算而獲得。例如維護費用就是量值，維護管理者也許並不只是關心維護費用而已，可能包括最大或最小維修費用、月平均維護費等，主要是將維護管理者所關心且想要分析的量值詳細列出。如表 18 為績效評估發展中的維護成本類型，針對維護費與採購費目標所建立的績效指標，經由作業性資料庫資料運算所轉換而成的事實量度，表 19 為績效評估發展中的設備效能類型，針對可靠度、維護度及可用度所建立的績效指標，經由作業性資料庫資料運算所轉換而成的事實量度。

表 18、維護成本事實量度

	量度名稱	彙總規則	敘述公式
一般性 量度	總維護費用	Sum	Sum(維護金額)
	總採購費用	Sum	Sum(採購金額)
	總設備使用月數	Sum	Sum(設備使用月數)
衍生性 量度	月平均維護費	Calculate	維護金額/設備使用月數
	資產維護比	Calculate	維護金額/採購金額

表 19、設備效能事實量度

	量度名稱	彙總規則	敘述公式
一般性 量度	總故障次數	Count	Count (故障次數)
	總設備使用時間	Sum	Sum(設備使用時間)
	總故障維修時間	Sum	Sum(設備停止時間)
衍生性 量度	平均失效間隔(MTBF)	Calculate	設備使用時間/總故障次數
	平均維護時間(MTTR)	Calculate	設備停止時間/總故障次數
	設備利用率(Availability)	Calculate	設備使用時間/(設備使用時間 +設備停止時間)×100%

註1、MTBF：Mean Time Between Failure

註2、MTTR：Mean Time To Repair

註3、Availability：MTBF/(MTBF+MTTR)×100%

維度層級

在找出相關的維度後，我們必須針對這些維度來建立其層級（Hierarchy）關係，先是根據維度資料屬性的性質，來建立其樹狀的屬性與圖形化的階層，並對屬性做修改及轉化，以利在分析資料時可以針對各種不同維度層級對資料做鑽研(如Drill-down、Roll-up等)分析，如表 20 為本資料倉儲系統設計之維度層級與參數設定。

表 20、維度層級與參數對照

維度 層級	建物 f_1	設備類型 f_2	品牌規格 f_3	設備壽命 f_4	維護策略 f_5	維修保養 f_6	時間 f_7
First Class	管理單位 f_{11}	設備種類 f_{21}	設備品牌 f_{31}	設備年齡 f_{41}	維護廠商 f_{51}	劣化部位 f_{61}	年 f_{71}
Second Class	建物類型 f_{12}	設備項目 f_{22}	設備規格 f_{32}		保養制度 f_{52}	劣化要因 f_{61}	季 f_{72}
Third Class		設備編號 f_{23}			維護週期 f_{53}	維修處理 f_{63}	月 f_{73}
Fourth Class					維護案號 f_{54}		日 f_{74}

資料綱要 (Data schema)

在完成了先前的步驟後，需將資料以資料綱要的方式表達，也就是將事實資料與維度的關係，以星狀或雪花等綱要架構來表達，本研究將資料以英文命名，詳細資料欄位對照如附錄。如圖 23 為本資料倉儲系統建立之雪花式資料綱要，事實資料表主要為維護成本及設備效能，維度資料表為上小節的維度類型及其關聯維度。

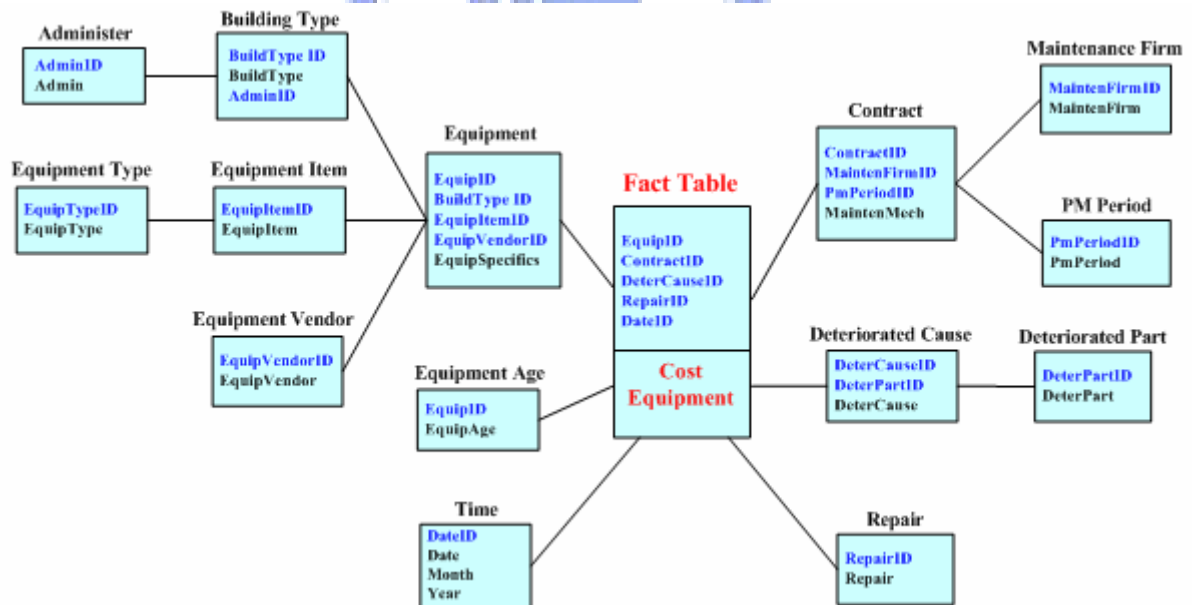


圖 23、本資料倉儲系統之資料綱要

資料移動與轉換(ETL, *Extract*、*Transform*、*Load*)

根據英孚美(2000)提到整個資料擷取、轉換、下載的過程中，常因為跨平台異質資料庫而產生許多問題，基本上有幾個程序及步驟：

- 一、萃取(Extraction)：需要從作業資料庫、檔案和外部資料來源獲得資料倉儲所需的資料，快速在短時間內擷取資料，可以是經由查詢作業系統資料、報表、檔案下載、交易記錄、檔案磁帶、客戶程式，諸如此類減少線上資料庫使用度降低的方式。
- 二、轉換(Transformation)：將來源資料，如作業系統和檔案資料轉換成一種適合分析和支援決策的型式。舉例來說，等級性(Levels)的作業資訊(如庫存數)能被轉換成事件(Event)資訊(如收到數量及傳送數量)，並使粗細度(Granularity)在相同等級(月/季/年、縣市/區域)等。當作業系統移到目標倉儲，它會被聚合，創造儲存價值給經常使用的資訊。接著，使用者會經常要求附加的資料，這樣就能輕易加上新儲存的聚合，讓使用者詢問的結果快速而有效的呈現。
- 三、清除(Cleansing)：作業資料時常會出現垃圾或不正確的資料，例如：負面價值、會計平衡、拼字錯誤、錯的歷史資料等。必須清除資料並重新整理以利分析，並先過濾無效的資料，修正錯誤，建立一貫性。即使中間資料已被檢查，在必要情況下，該資料亦可被轉換成以圖形顯示在倉儲資料表上，或將欄位轉換成相同資料型式。
- 四、整合(Integration)：當來源資料被清除或定義好之後，協助將資料對應到倉儲目標資料庫概要(schema)中，從數個資料庫中整合重要資訊。例如：一個資料庫建有客戶的名稱和地址，另一個資料庫建該客戶的存貨數量，協助將這些欄位整合並連結到資料庫中。這是整合階段的成功及特殊之處。
- 五、載入(Load)：必須將擷取、轉換、清理及整合過之資料正確的、快速的載入資料倉儲中，但需注意載入及更新目的端資料庫方式，如先清除資料表(Table)再輸入資料、只輸入資料不清除、完全取代目前的資料或只更新目前的資料。

3.5.3 建置 OLAP 伺服器

OLAP是要讓決策者在大量的資料中同時瀏覽與查詢，並找出問題，進而追查問題且尋求可行的解決方式，透過個人電腦操作便可進行交叉分析以了解不同影響因子（如設備、廠商、制度等）與績效指標（如成本或性能）之間的關係，以所得的結果規劃改善方案。OLAP的實體設計上主要可分為關聯式OLAP伺服器（ROLAP）、多維度OLAP伺服器（MOLAP）二種，Paulraj(2001)比較MOLAP與ROLAP分析資料的複雜性與查詢的績效，如圖 24 所示，可看出MOLAP 可以處理較複雜性的分析，且其查詢的績效也較好，但其主要的缺點就是預先彙總資料會耗用系統的空間，而ROLAP一般是用在查詢不常查詢的大型資料庫，例如查詢過去五至十年的歷程資料。

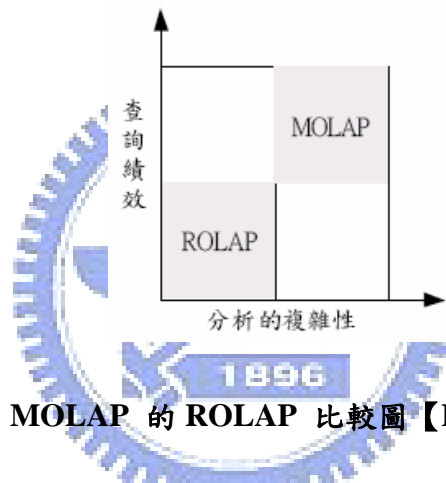


圖 24、MOLAP 的 ROLAP 比較圖【Paulraj(2001)】

由於建築設備維護上的資料量累積不多，故本研究採取 MOLAP 伺服器。其將資料以多維度(Multidimensional)的形式存放於資料庫，使資料如資料方體(Data cube)可依維度彈性的檢視，如以維護成本分析而言，依建物設備、性能狀況、維護策略與維修保養等要件形成不同維度構面，以便檢視事實資料並分析其彼此的關連性。

3.6 績效分析方式

在建物設備維護策略的擬定中，其績效改善為維護管理者最大目的，而績效指標（Performance Indicator）則為反應執行成效的結果，維護管理者針對較差的績效指標項目進行相關的改善應對措施，而造成績效指標其衡量值變化的因素是由許多影響因子所構成，其往往對績效指標有不同程度的影響，本系統採取資料倉儲來建構績效評估的系統模式，由於資料倉儲保留大量歷史性資料，故可了解績效指標在不同時間的趨勢，使用者也可拉取決策過程中所需要觀察的影響因子，以查看其對應績效指標的量值變化趨勢，以了解影響因子對其造成的變化差距，如圖 25 為績效指標 PI 與影響因子 f 的對應關係矩陣圖，依所發展出的二大績效指標類型與五大影響因子類型，作為資料倉儲的架構。

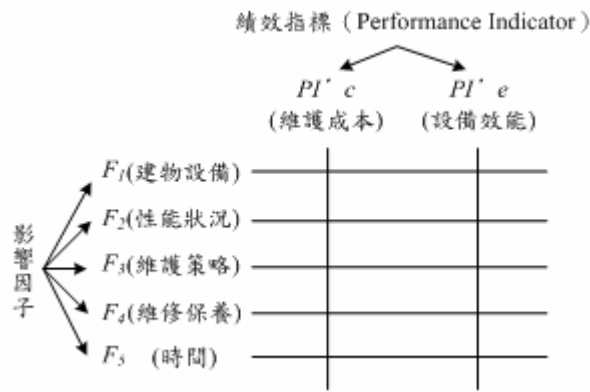


圖 25、績效指標與影響因子之矩陣關係

維護管理者可依據所關心之事實(Fact)以及觀看資料的維度(Dimension)，以多維的方式瀏覽資料，協助維護管理者了解與掌握問題，其提供之多維度資料檢視功能，將某一影響因子視為某一維度資料，某一維護指標量值視為某一事實資料，以維度資料對某事實資料進行的分析與探討。如圖 26 為 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 、 f_5 等五項影響因子，對某 PI 績效指標其目標值的影響關係，如影響因子 f_1 又可再細分為 f_{11} 至 f_{1n} 。經由這些方式，使得維護管理者容易了解各個影響因子的相互關係，並且明瞭何者對績效有所貢獻或拖累，協助維護管理者迅速掌握相關訊息，並將之轉換為具體改善行動。

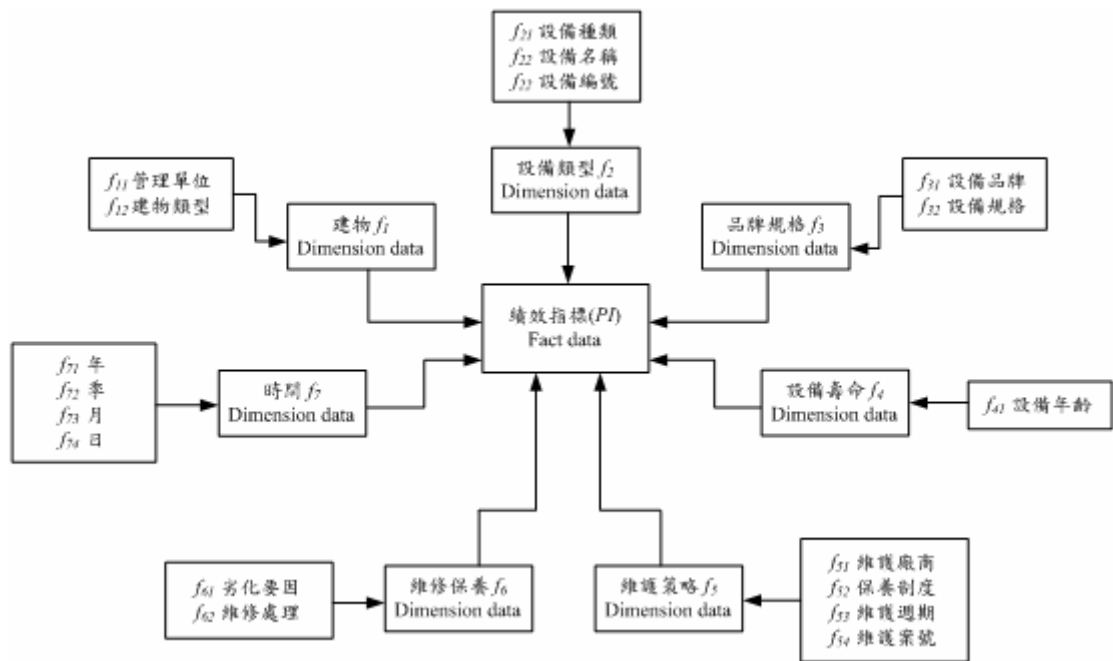


圖 26、績效指標與影響因子關係

接下來為說明範例，如設備種類為一影響因子 (f_{21})，其屬性項目為電氣 (f_{211})、照明 (f_{212})、空調 (f_{213})、昇降 (f_{214})、消防 (f_{215}) 等，如圖 27 所示影響因子 f_{21} 可向下拆解為 f_{211} 、 f_{212} 、 f_{213} 、 f_{214} 、 f_{215} 此五個屬性項目，皆有其對應的績效指標量值，其合併加總即為單項績效指標的總平均值，維護管理者可訂定目標值以改善原有績效為出發點，而總平均值與目標值的差距即為績效改善的幅度。

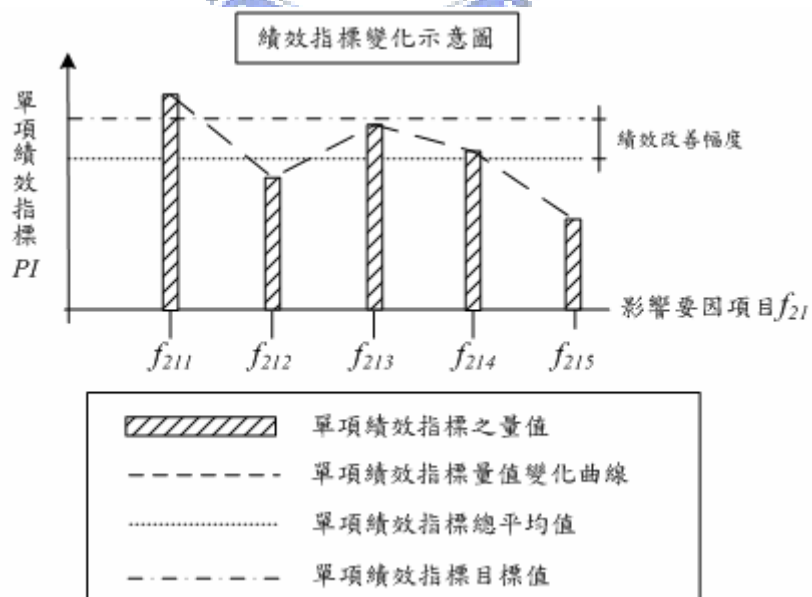


圖 27、績效指標變化示意圖

除此之外，維護管理者可進一步對績效指標作深耕(Drill-down)動作，以某影響因子

的下一因子層級來分析，向下追查影響維護指標的根本原因，找出維護改善的癥結點，如圖 28 所示，在 f_5 因子裡存在有層級關係， f_{51} 到 f_{54} 為其第二層級， f_{511} 到 f_{543} 為其第三層級，分別可拆開檢視其下一層級對應的績效值，假設發現 f_{52} 所對應的績效值明顯低落，可向下一層級繼續追蹤 f_{521} 、 f_{522} 、 f_{523} 所對應的績效值，以瞭解何項因子影響較大。

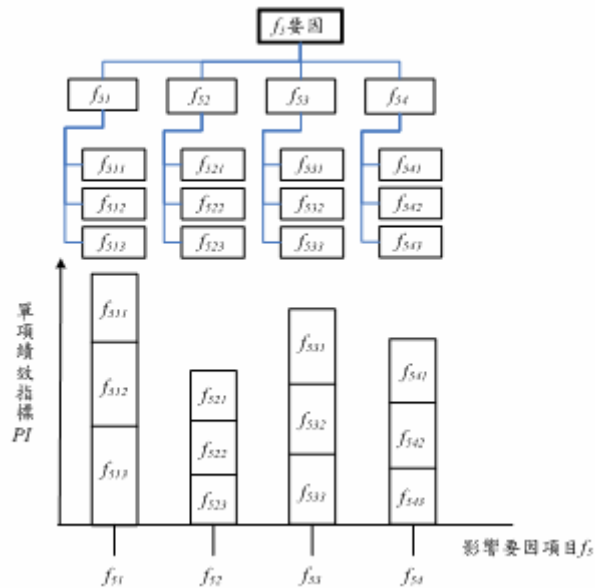


圖 28、影響因子之層級結構與對應績效值

當然維護管理者也可對 f_{52} 以不同類型的影響因子進行分析，如圖 29 所示，以 f_{21} 、 f_{22} 、 f_{23} 進行績效值的拆解，再以 f_{61} 、 f_{62} 另一影響因子類型進行分析，以多維的角度來檢視績效指標的量值變化。

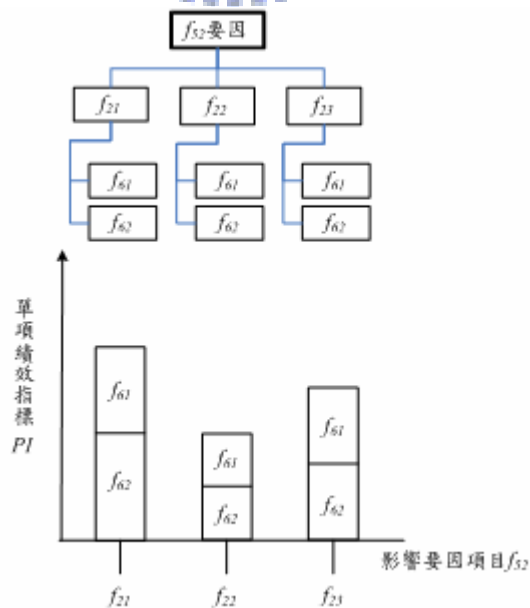


圖 29、不同影響因子與對應績效值

3.7 小結

本章節主要介紹本研究決策支援系統的建構模式，績效指標的定義明確且和日常工作及組織策略緊緊關聯，是用來作為評估組織績效的一種工具，故可用在評估管理者的決策需求，以利後續整合資料倉儲設計以輔助管理者進行決策分析，以資料倉儲的資訊充分支援績效評估的改善策略擬定，兩者皆為策略執行工具，本研究的精髓即為發揮二者整合的綜效，其互相依賴的關係如下說明。

一、績效評估對資訊的需求

績效評估在進行績效量度時需要即時性、整合性、一致性、彙總性的資訊，而資料倉儲可將資料作最有效的管理，以提供決策性資訊為主體，正好符合績效評估的資訊需求。

二、資料倉儲對使用者的需求

資料倉儲成功建置的第一步，就是要明確地了解使用者需求，績效評估的發展步驟可將組織既有策略，有系統的依照需求發展績效指標，如此有利於資料倉儲設計的銜接。

在第四章將利用本章節建構的系統模式，導入案例以實際發展建築設備維護上的決策支援系統。



第4章 系統實作

本章節為將第三章所建構的系統模式，實際利用相關資料倉儲工具建置決策支援系統，並以交通大學為案例進行實作，4.1 節將介紹個案背景資料、資料來源與開發工具等實作環境介紹；4.2 節為分析現有建築設備維護之 OLTP 作業資料庫；4.3 節為依線上分析處理建置相關 Cube 並以範例說明分析方式。

4.1 實作環境

建築設備維護所產生的資料依組織狀況而有所差異，且設備故障通常隨機發生，以交通大學的組織規模來說，其每日的設備維護作業有限，並無像商業銷售統合各地分佈，每日皆產生相當程度的資料量，故不需要大型的資料倉儲工具，考慮建置成本與使用情況，選擇 Microsoft 的 SQL Server 2000 軟體來建置資料倉儲，該軟體提供一套建置資料倉儲的強大功能，稱為「分析管理員」(Analysis Service)。至於資料分析方面，選擇 Microsoft 的 OLAP Server，它能夠滿足多維的資料分析，而前端工具引用 Excel 2000 的物件來連結 OLAP 的分析資料，產生報表與圖表呈現給決策分析者。

4.1.1 案例說明

本研究以交通大學為個案，套用部分維護資料以證實系統可行性，以方便檢視系統架構及資料的呈現方式，進行收集和檢視背景資料的學區範圍以光復校區為主，掌管建築設備維護及更新業務的主要為總務處營繕組，經實務訪談以了解其維護業務與內容，自從「國立大學校院校務基金設置條例」於民國 88 年公佈實施後，過去仰賴政府編列預算的情況，逐漸改為自籌部分經費，而修繕作業方式以集中管理為主，依主要修繕項目來分配額度，並參考往年的執行狀況酌予以調整，由各建築管理單位提報修繕需求，若以業主角色來看有監督之責但無管理之實，由於建築用途為教學或行政為主，設備機能並無產品製造功能，故無物料庫存的問題。如表 21 為交大 95 與 96 年的設備維護業務，牽涉專業性高且影響重大的設備種類，如電氣、電梯、空調與消防等多採委託外部公司處理。

表 21、95 與 96 年交大各系館設備委外維護一覽

項目	委任廠商	維護工作內容	維護費用
高低壓電氣設備	復華新桃機電技術公司	1. 電力設備巡檢及抄表 2. 高壓變電站設備檢點保養 3. 低壓配電盤檢點設備保養 4. 高低壓設備紅外線檢測 5. 設備維修與緊急故障排除	合計332萬 (一年約)
發電機		1. 油箱按月檢查並補充 2. 定期保養與維修 3. 緊急故障排除	
電梯	永大、大同及崇友等電梯廠商	缺	合計1322萬 (兩年約)
空調	生技空調機電	四、冰水主機保養 五、空調箱及水幫浦保養 六、水管系統保養 七、配電系統保養	缺 (兩年約)
消防設施	世合工程技術顧問公司	1. 館舍消防泵浦設備檢點維護 2. 室外道路消防栓設施及兩校區道路消防管路 3. 24 小時服務館舍消防設施狀況排除 4. 館舍年度各消防安全設備檢查申報書作業 5. 設備維修材料費(包含安裝工資)	合計139萬 (兩年約)

4.1.2 資料來源

由於國內建物設備維護業務多數尚未資訊系統化，故資料來源目前只能參照相關合約與記錄，並以人工輸入的方式進行，資料來源可分績效指標與影響要因兩個層面分別進行蒐集，而業務對口單位為交通大學總務處營繕組，本研究經由實務訪談以確定蒐集資料來源正確，以提供維護作業資料庫的建置。如表 22 為依據第三章的績效指標評量過程，所需要的資料來源，採國立交通大學委外維護業務公司所提供的資料內容，包括採購合約、勞務合約、日常巡檢紀錄及維修處理紀錄等。而表 23 為依據績效指標所產生的相關影響因子（見第三章），進行深入的資料蒐集。

表 22、績效指標評量之資料來源

資料類型	評量方式	資料範例 (單位)	資料來源			
			採購 合約	勞務 合約	巡檢 紀錄	維修 紀錄
總維護費用	預算決標金額加總	30000元		◎		
日平均維護費	預算決標金額加總/(目前日期-採購日期)	64元	◎			
資產維護比	預算決標金額加總/設備採購金額	38%	◎	◎		
總故障次數	故障計次加總	45次			◎	◎
平均失效間隔	(目前日期-採購日期-維修期間)/故障計次加總	1000小時			◎	◎
平均維護時間	維修期間/故障計次加總	1000小時			◎	◎
設備利用率	(目前日期-採購日期-維修期間)/(目前日期-採購日期)	98.53%			◎	◎

表 23、影響要因之資料來源

影響要因		資料範例	資料來源
建物 設備	設備編號	P0071、P0081、P0082、P0091	交大電梯設備編號
	管理單位	勤務組、營繕組、電資中心	學校相關單位
	建物類型	圖書館、教室大樓、實驗大樓、行政大樓	學校重要建築
	設備種類	電氣、照明、空調、昇降、消防等	建築技術規則規範
	設備品牌	永大、大同、崇友、日菱	國內電梯廠牌
性能 狀況	設備編號	P0071、P0081、P0082、P0091	交大電梯設備編號
	設備項目	電梯、發電機、小型冰水主機、受電箱	一般建築設備
	設備規格	15人座、20人座、1000kg、1500kg	交大電梯設備資料
	設備年齡	1、2、3、4...N	
維護 策略	維護編號	93350、94350	交大維護合約案號
	維護廠商	永大、大同、崇友、日菱	交大電梯維護廠商
	保養制度	預防維護、修正維護	Lie and Chun (1986)
	維護週期	日、週、月、年	

影響要因		資料範例	資料來源
維修保養	紀錄編號	93350p006、94350p007	交大維修記錄編號
	劣化部位	發電機、排氣管、水槽、水箱	常見發電機部位
	劣化要因	配管系統的腐蝕、墊片類的惡化	交大空調維修記錄單
	劣化現象	漏水、出水不良、冷暖房效果不佳	交大空調維修紀錄單
	維修處理	更換新品、重新裝置、補充備料	
時間	時間編號	2000/01/03、2000/02/03	
	年	2000、2001、2002...N	
	季	Q1、Q2、Q3、Q4	
	月	1、2、3.....11、12	
	日	1、2、3...30、31	

4.1.3 開發工具

本研究之建築設備維護資料倉儲系統，為求資訊整合的一致性，避免跨平台造成不同格式的障礙，採用的開發工具主要以微軟系列的產品為主，如表 24 系統開發採用 Microsoft Access 2003 的資料庫功能，使用 Microsoft SQL Server Analysis Service 2005 的線上分析處理 (OLAP) 伺服器功能，前端使用介面則以 Microsoft Excel 2003 透過樞紐分析 (Pivot) 直接連接 OLAP Service 中之資訊，可動態檢視維護管理者所需資料，而這些工作將在 Microsoft 2003 Server 作業系統的平台來做為測試實作環境。

表 24、開發環境需求

軟體需求	說明
Microsoft Windows Server 2003	作業系統
Microsoft Access 2003	資料儲存
Microsoft SQL Server Analysis Service 2005	線上分析處理(OLAP) 伺服器
Microsoft Excel 2003	透過樞紐分析 (Pivot) 可以視覺化動態方式檢視 OLAP Service 中之資訊

4.2 彙整現有 OLTP 資料

日常作業資料庫

經由專家訪談可瞭解，交通大學營繕組在建築設備的修繕維護過程，尚未有電子化的作業系統及資料庫，所有硬體資訊與維修紀錄皆以傳統紙本的方式儲存，故本研究利用 Access 2003 模擬建構出交大建築設備的日常維護管理資料庫，如圖 30 為建構之交大設備維護管理的資料庫關聯圖，目的為供日常作業的查詢記錄使用，主要包括了建物設備細目表、設備主檔資料表、維修紀錄表、維護合約細目表、劣化及維修資料表等。管理單位於購置設備時可在此建檔歸類，在與廠商簽訂勞務合約時可記錄相關資訊及承包範圍，並供設備維護工程師在填寫維修單時輸入維修保養作業紀錄以存檔備查。

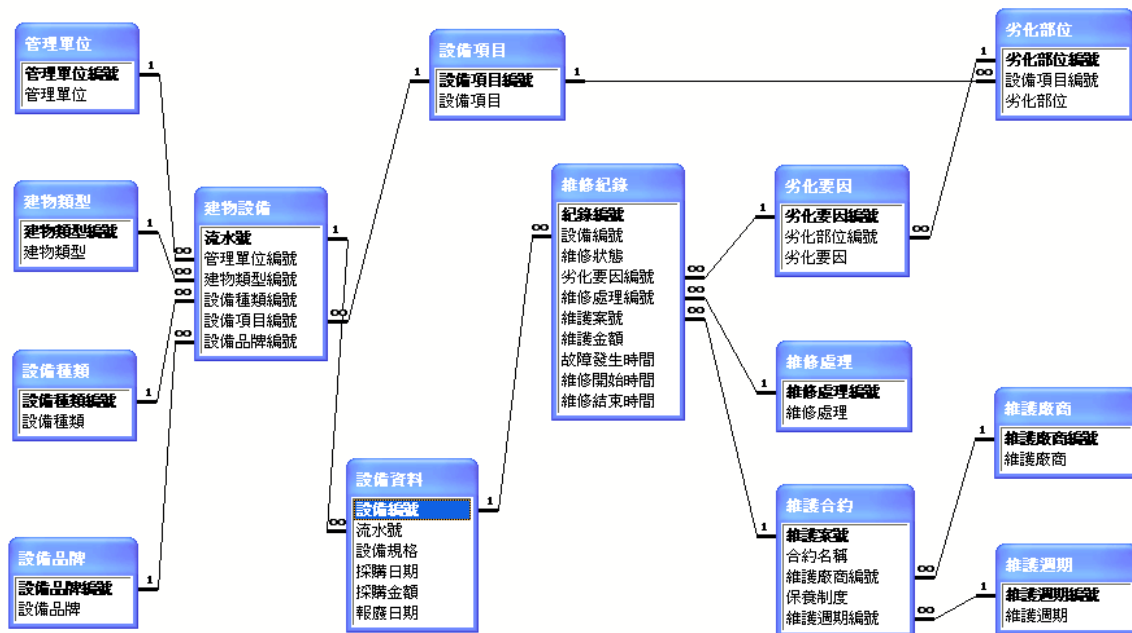


圖 30、建築設備維護管理資料庫關聯圖

虛擬資料說明

由於交大建築設備的維護資料皆以紙本方式儲存，以人工方式進行輸入，由於部分歷史資料殘缺將影響分析的連續性，如某月份無資料將產生趨勢圖的斷層，並產生績效的誤差值，如缺少某設備資料無法得出正確的彙總資訊，故本系統視情況而定虛擬部分資料，本系統績效指標之數值資料部分為虛擬資料，而影響要因則主要採取真實資料。

如表 25 所示虛擬資料主要為設備資料與維修記錄。設備資料主要為採購日期與採購金額有部分殘缺，故採購費的績效指標預計將受到影響，採購日期的虛擬方式主要為比照相同建物內的其他設備採購時間，而採購金額的虛擬方式則比照相同或相似設備規格的維護金額。維修記錄主要為維護金額及定期維護的資料有部分殘缺，估計將會造成資料誤差，故本研究主要以內差平均分配，如維護金額的虛擬方式為採取平均分配年度維修預算至該年度維修總次數；及比照歷年的維修記錄等方式來改善誤差問題，如定期維護有部分月份的維修記錄缺失，參考歷年該月份的歷史紀錄，以降低資料遺失的誤差。

表 25、資料表之虛擬資料說明

資料表名稱	真實資料筆數	虛擬資料筆數	總資料筆數
建物設備	17筆	0筆	17筆
設備資料	21筆	18筆	39筆
維修記錄	51筆	約25筆	76筆
維護合約	5筆	0筆	5筆
劣化部位	16筆	0筆	16筆
劣化要因	43筆	0筆	43筆

資料轉換

在 2.3.2 節已說明OLTP與OLAP的性質差異，由於本資料庫設計目的在於提供作業性的OLTP系統使用，為支援決策性的OLAP系統使用，使資料順利的移動與轉換至資料倉儲中，故事先須對資料欄位做相關查詢設計，並對資料進行計算以轉為支援決策的型式，如表 26 列出對本OLTP系統資料庫做運算及轉換的重要資料欄位與計算內容。

表 26、資料轉換計算欄位

計算欄位	計算內容
設備壽命(時)	(Iif([報廢日期] Is Null,Date()-[採購日期],[報廢日期]-[採購日期]))*24
設備壽命(年)	Iif([報廢日期] Is Null,Year(Now())-Year([採購日期]),Year([報廢日期])-Year([採購日期]))
維修時間(時)	DateDiff("h",[維修開始時間],[維修結束時間])
停止時間(時)	DateDiff("h",[故障發生時間],[維修結束時間])
使用時間(時)	[設備壽命(時)]-[停止時間(時)]
使用時間(月)	Round([使用時間(時)]/24/30,0)

4.3 線上分析處理

本小節將依第三章所建構的資料模型架構，建立供前端操作之線上分析處理（OLAP，On-Line Analytical Processing），以利使用者能順利的取得所需資訊。因此，在本節中將於 Microsoft 的 Analysis Services 中依序建立起資料立方體。

4.3.1 Analysis Service 簡介

Microsoft SQL Server 2000 的 Analysis Service 能夠處理多維度資料 Cube，以便進行分析，並提供對 Cube 資訊的用戶端快速存取並會以預先計算的彙總資料，將來自資料倉儲的資料匯入 Cube，以便快速地回答複雜的分析查詢。

4.3.2 OLAP 資料方體建置

在OLAP 實體設計是利用Microsoft SQL Server 2000 之Analysis service 建立資料方體(Cube)，如圖 31 所示左邊的視窗可看出本研究所建立的相關Cube及共用維度。而右邊的視窗則是Cube的中繼資料(Meta data)的內容，包括(1)Cube：描述Cube維度、量值、來源資料表、事實資料表、大小、處理時間、狀態等；(2)資料分割：描述Cube儲存方式與分割方式；(3)角色：設定Cube的管理權限。

The screenshot displays the Analysis Services Enterprise Manager interface. On the left, a tree view shows the hierarchy: '主控台根目錄' > 'Analysis Servers' > 'NCTU-17F9CBEB0' > 'FoodMart 2000' > '建築設備資料庫' > '資料來源' > '建築設備維護資料' > 'Cube'. Under 'Cube', several dimensions are listed: '平均失效間隔_MTBF', '平均維護時間_MTTR', '採購費', '設備利用率_Availabilit', and '維護費'. Below these are '共用維度' (Shared Dimensions) including '設備壽命', '時間', '劣化要因', '品牌規格', '建物', '設備類型', '維修處理', '維護策略', '採購模型', and '資料庫角色'.

The right pane, titled '中繼資料' (Metadata), shows a table of cube metadata:

Cube	狀態	大小	資料分割	已處理
平均失效間隔_MTBF	已處理	0.01MB	1	2007/6/13 下午 09:40:15
平均維護時間_MTTR	已處理	0.01MB	1	2007/6/13 下午 10:32:39
採購費	已處理	0.01MB	1	2007/6/13 下午 09:11:31
設備利用率_Availability	已處理	0.01MB	1	2007/6/13 下午 10:43:54
維護費	已處理	0.01MB	1	2007/6/13 下午 09:11:31

圖 31、建築設備維護之資料方體與維度

在第三章提及資料方體儲存的方式主要有 MOLAP、ROLAP 兩種，MOLAP 會事先儲存彙總性資料，所以查詢效率佳，但耗用較多的儲存空間；ROLAP 主要是在使用者查詢時才會至資料倉儲存取資料，所以查詢速度較慢，一般使用於查詢頻率小的資料，如數年前的維護資料。本研究設計之資料方體考慮其效率性的問題，採 MOLAP 儲存方式，以節省資料存取時間。

4.3.3 Cube 類型

在此將依第三章所探討績效評估的維護目標，發展建構出五個與建築設備維護績效有關的 Cube 包括：維護費 (Cost)、採購費(Asset)、可靠度 (MTBF)、維護度 (MTTR) 及可用度 (Availability) 等實體 Cube，並由影響要因所產生的相關維度，分析此五個與建築設備維護有關的 Cube。

4.3.3.1. Cost Cube

維護費的分析往往是建築設備維護決策上最大的考量，也是最重要的維護績效指標，在 3.3.3 節所選出維護成本類型中的維護費目標，績效指標為總維護費用與月平均維護費，所以在此建立「Cost Cube」，以利維護管理者快速的取得設備維護費的維護成本績效，清楚剖析維護成本績效的組成結構。如圖 32 所示為 Cost Cube 的資料結構，左邊視窗是各事實資料與維度資料的部分，右邊視窗是資料方體的雪花網要結構。

在 Cost Cube 中探討的事實量值由績效指標衡量值轉換而來，其一般量值有維護金額，衍生量值有月平均維護費，在維度方面共有建物、設備類型、品牌規格、設備壽命、維護策略、時間等 6 個維度，這些維度能讓維護管理者由不同的角度來分析維護費之績效值變化，瞭解維護金額的偏高原因受何影響。由 3.3.4 節所整理之影響因子與維護成本指標的關係，維護管理者可利用 Cost Cube 的資料網要檢視架構，依決策需求進行績效值的查詢，如：瞭解哪些管理單位的維護預算偏高，可進一步分析其掌管的建物哪棟維護費偏高，也可探討設備類型此項因子中，其各設備種類的各設備項目對維護費的績效值影響。

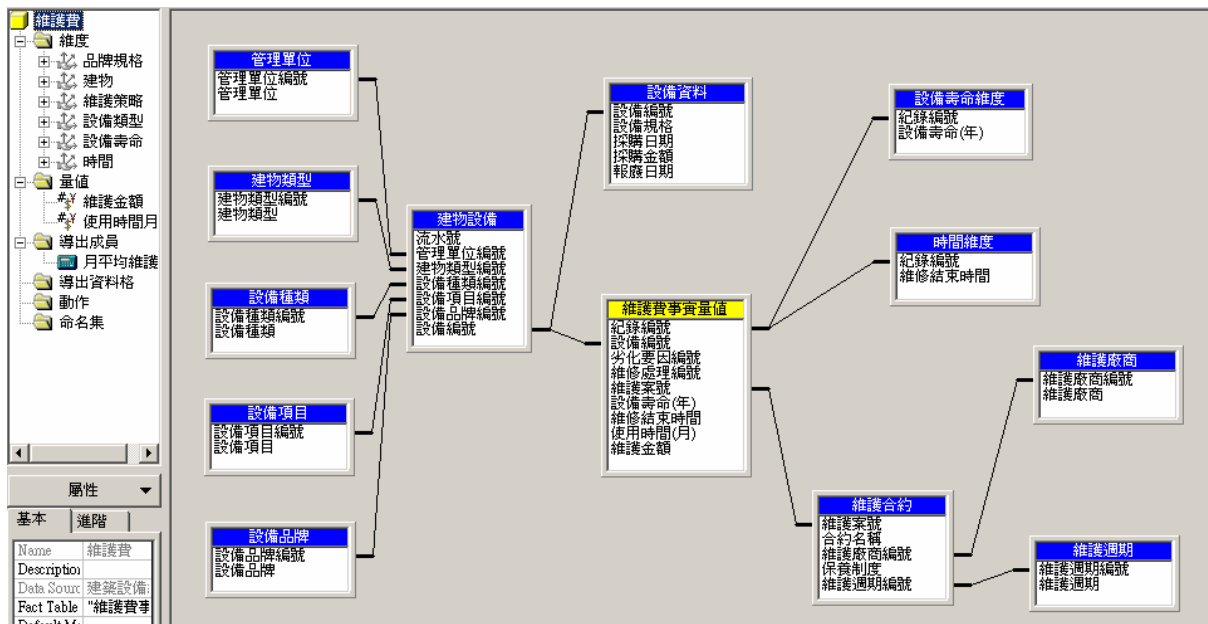


圖 32、Cost 雪花式綱要

於Analysis Service 中建立完成「Cost Cube」後，即可利用Cube瀏覽器進行瀏覽Cube內的資料，如圖 33 所示在此Cube瀏覽器上方即為可使用之相關維度，各維度的資料內容預設為包括所有資料內容，即未進行任何篩選的動作，若點選該維度即可選取所需的條件，如：選取「時間」維度中年份的資料或是「設備類型」中設備項目的資料，Cube 瀏覽器下方即根據選取條件來顯示該資料區域；在表格左方為展開的維度，此一部份的維度也可由上方所拖曳過來，可自由的變更，表格右方即Cube的量值。

於Cube瀏覽器中，僅需透過拖曳的方式即可輕易快速的取得所需的資訊，並不需用複雜的結構式查詢語言來達到查詢的目的，因此能讓維護管理者更輕易的上手，也可清楚的比較各種查詢結果的差異，並快速地找出造成維修成本偏高的原因，如圖 33 的查詢示範為在瀏覽器上方的「時間」維度中選擇 2003 年，再拖曳「設備類型」維度至下方便可快速且自動的產生查詢條件，選擇設備種類為電氣類、設備項目為發電機，查出各設備的維護金額與月平均維護費，如此可分析相關維護成本的影響因子對維護費目標中的績效指標所產生的數值變化。

Cube 瀏覽器 - 維護費

建物: 所有的 建物
 設備壽命: 所有的 設備壽命
 維護策略: 所有的 維護策略
 時間: 2003
 品牌規格: 所有的 品牌規格

		MeasuresLevel		
- 設備種類	- 設備項目	設備編號	維護金額	月平均維護費
所有的 設備類型	所有的 設備類型 總計		72,000.00	44.94
	電氣 總計		72,000.00	44.94
		小型發電機 總計	72,000.00	44.94
		N01K01		
		N02K02	6,800.00	18.18
		N03K03	15,000.00	74.26
		N04K04	6,000.00	111.11
		N05K05		
		N06K06		
		N07K07		
		N08K08	2,500.00	16.45
		N09K09		
		N10K10		
		N11K11	5,400.00	63.53
		N12K12		
		N13K13		
		N14K14		
		N15K15	5,000.00	47.62
		N16K16		
		N17K17		
		N18K18	12,300.00	109.82
		N19K19		
		N20K20		
		N21K21		
		N22K22		
		N23K23	5,000.00	30.67
		N24K24	12,000.00	47.43
		N25K25		
		N26K26		
		N34K27	2,000.00	19.61

圖 33、Cost Cube 線上分析處理資料查詢示範



4.3.3.2. Asset Cube

隨著使用時間拉長使設備逐漸劣化，故設備的更新替換為維護管理者重要的業務內容，若在設備採購階段即能考量到後續維護的問題，便可在採購前即可避免日後不必要的維護費用負擔，在 3.3.3 節所選出維護成本類型中的採購費目標，績效指標為總採購費用與資產維護比，故在此建立「Asset Cube」，以檢視採購費的分配情形及其後續產生維護費的比例，如圖 34 所示為 Asset Cube 的資料結構，為雪花式資料綱要。在 Asset Cube 中探討的事實量值由績效指標衡量值轉換而來，其一般量值有採購金額，衍生量值有資產維護比，在維度方面共有建物、設備類型、品牌規格、設備壽命等 4 個維度，這些維度能讓維護管理者由不同角度來分析採購費之績效值變化，瞭解採購金額的偏高原因受何影響，及後續產生的資產維護費比例多寡。

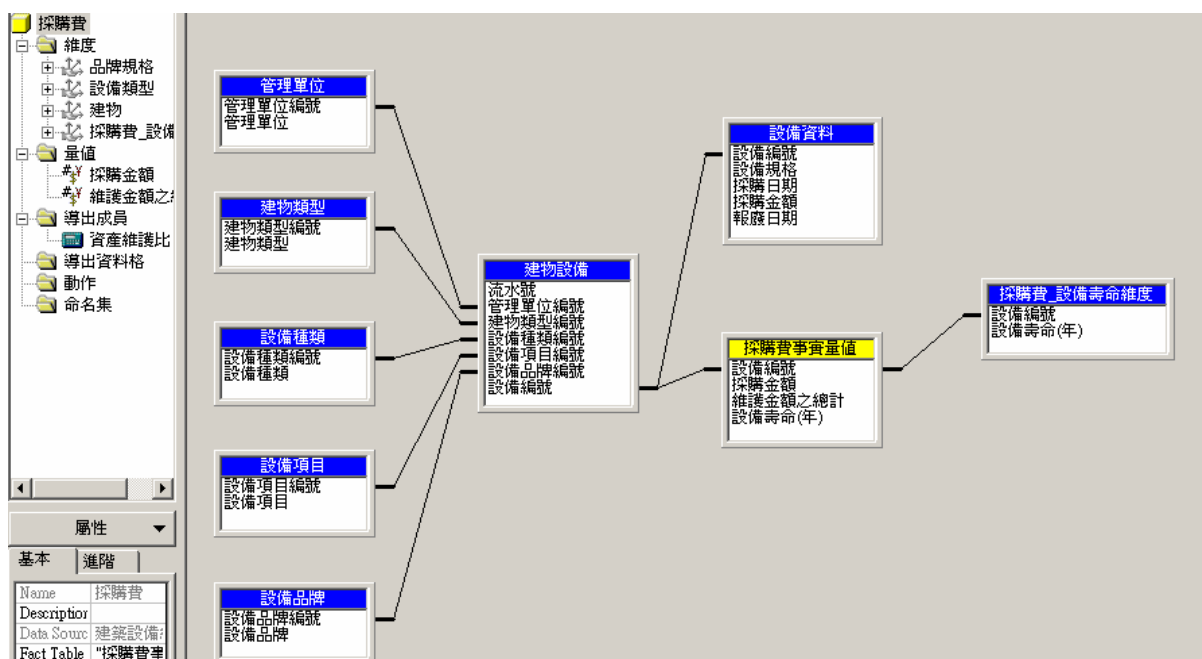


圖 34、Asset 雪花式綱要

經由「Asset Cube」的採購費分析，可得知歷年的採購費在各管理單位、建物中的分配情形，及各設備種類及其下各項目的採購比重，更可深入了解比較各品牌規格其資產維護比的高低，以做為下次購入相關設備的參考，如圖 35 的查詢示範為依「建物類型」中各管理單位中的各建物，並檢視「品牌規格」其各設備規格的採購金額與資產維護比，如此可分析相關維護成本的影響因子對採購費目標中的績效指標所產生的數值變化。

+管理單位		MeasuresLevel		採購金額	維護金額之總計	資產維護比
所有的 建物	- 設備品牌	設備規格				
	所有的 品牌規格	所有的 品牌規格 總計		1,173,000.00	136,500.00	11.64%
	- 大同	大同 總計		53,000.00	0.00	0.00%
		容量250kw		53,000.00	0.00	0.00%
	- AKS9	AKS9 總計		64,000.00	0.00	0.00%
		容量440kw		64,000.00	0.00	0.00%
	- BEAKWARD	BEAKWARD 總計		68,000.00	0.00	0.00%
		容量100kw		68,000.00	0.00	0.00%
	- EMPACE	EMPACE 總計		40,000.00	1,500.00	3.75%
		容量350kw		40,000.00	1,500.00	3.75%
	- GROBAN	GROBAN 總計		52,000.00	29,000.00	55.77%
		容量170kw		52,000.00	29,000.00	55.77%
	- KOHLER	KOHLER 總計		350,400.00	54,700.00	15.61%
		容量200kw		43,700.00	8,500.00	19.45%
		容量33kw		81,000.00	19,800.00	24.44%
		容量350kw		38,500.00	5,400.00	14.03%
		容量480kw		47,200.00	0.00	0.00%
		容量500kw		46,000.00	15,000.00	32.61%
		容量750kw		40,000.00	6,000.00	15.00%
		容量80kw		54,000.00	0.00	0.00%
	- MITSUBISHI	MITSUBISHI 總計		19,800.00	0.00	0.00%
		容量25kw		19,800.00	0.00	0.00%
	- ONAN	ONAN 總計		141,000.00	34,300.00	24.33%
		容量130kw		30,000.00	12,300.00	41.00%
		容量350kw		38,000.00	15,000.00	39.47%
		容量67kw		35,000.00	0.00	0.00%
		容量99kw		38,000.00	7,000.00	18.42%
	- PETBOW	PETBOW 總計		59,000.00	3,000.00	5.08%
		容量200kw		59,000.00	3,000.00	5.08%
	- PUMA	PUMA 總計		61,000.00	0.00	0.00%
	容量1250kw		61,000.00	0.00	0.00%	
- STAMFORD	STAMFORD 總計		20,500.00	4,500.00	21.95%	
	容量230kw		20,500.00	4,500.00	21.95%	
	科目 總計		20,000.00	0.00	0.00%	

圖 35、Asset Cube 線上分析處理資料查詢示範

4.3.3.3. MTBF Cube

通常MTBF追求愈高愈好 (Higher MTBF)，代表設備越久才故障一次，較不容易造成使用者的不便，也代表著設備的可靠度愈高。在 3.3.3 節所選出設備性能類型中的可靠度目標，績效指標為總故障次數與平均失效間隔，在此建立「MTBF Cube」以供維護管理者能得知設備的維護品質。如圖 36 所示為MTBF Cube的資料結構，為雪花式資料綱要。在MTBF Cube中探討的事實量值由績效指標衡量值轉換而來，MTBF Cube探討的一般量值主要為故障次數及使用時間，衍生量值為平均間隔時間，在維度方面共有設備類型、品牌規格、設備壽命、維護策略、維修保養、時間等 6 個維度，這些維度能讓維護管理者由不同角度來分析可靠度之績效值變化，檢討故障次數過於頻繁的原因，並可比較平均故障間隔時間的長短。

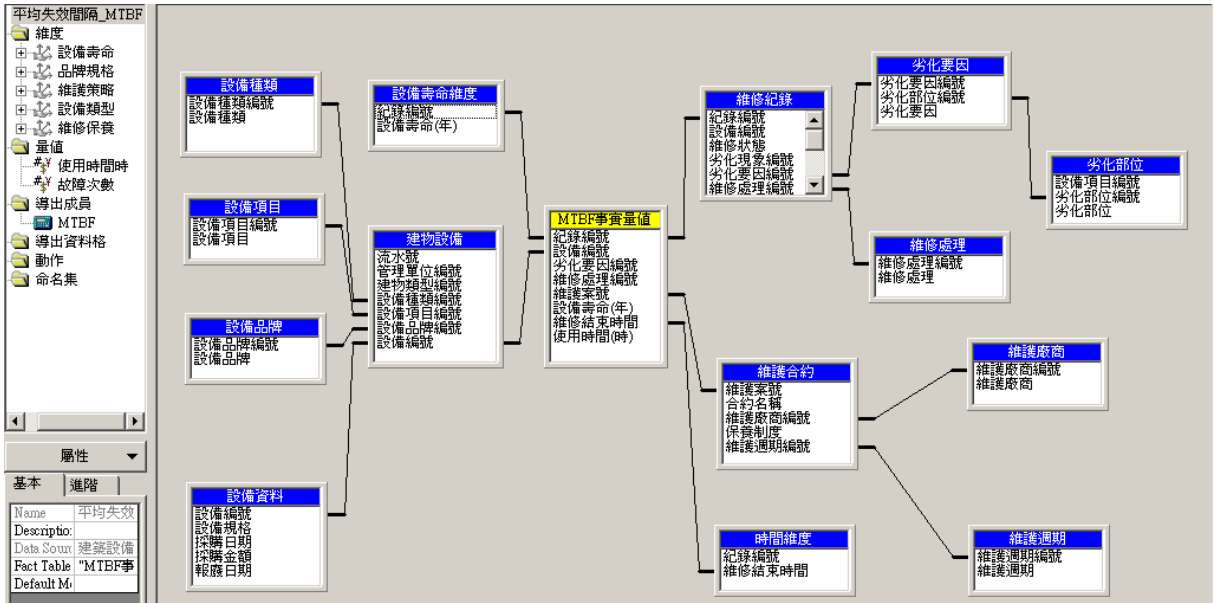


圖 36、MTBF 雪花式綱要

經由「MTBF Cube」的平均間隔時間分析，以故障頻率多寡來衡量設備的維護品質，並可得知設備的正常連續使用時間，可看出何種設備類型較容易故障，設備壽命與績效變化的關係，如圖 37 的查詢示範為依「設備類型」中電氣種類的發電機項目，查詢「維修保養」其各劣化部位的各劣化要因的故障次數與MTBF值，如此可分析相關設備效能的影響因子對可靠度目標中的績效指標所產生的數值變化。

設備壽命		所有的設備壽命		品牌規格		所有的品牌規格	
維護策略		所有的維護策略		設備類型		外機發電機	
		MeasureLevel					
-劣化部位	-劣化要因	維修處理	使用時間時	故障次數	MTBF		
所有的維修保養	所有的維修保養總計		6,176,305.00	59	104,683.14		
-ATS開關	ATS開關總計		39,041.00	1	39,041.00		
	-指示燈燒壞或接線鬆脫	指示燈燒壞或接線鬆脫	39,041.00	1	39,041.00		
		更換新品	39,041.00	1	39,041.00		
-油箱	油箱總計		365,132.00	2	182,566.00		
	-燃料配管	燃料配管總計	365,132.00	2	182,566.00		
		補充備料	365,132.00	2	182,566.00		
-排氣管、消音器	排氣管、消音器總計		802,894.00	6	133,815.67		
	-排煙淨化器型式採用非	排煙淨化器型式採用非	364,974.00	2	182,487.00		
		拆開清理	364,974.00	2	182,487.00		
	-選用金屬片觸媒型除煙	選用金屬片觸媒型除煙	437,920.00	4	109,480.00		
		拆開清理	437,920.00	4	109,480.00		
-發電機外觀	發電機外觀總計		220,888.00	4	55,222.00		
	-地震造成損壞	地震造成損壞總計	110,474.00	2	55,237.00		
		更換新品	110,474.00	2	55,237.00		
	-遭受撞擊或日久掉漆	遭受撞擊或日久掉漆總計	110,414.00	2	55,207.00		
		更換新品	110,414.00	2	55,207.00		
-發電機運轉	發電機運轉總計		4,373,716.00	41	106,676.00		
	-引擎故障	引擎故障總計	404,691.00	3	134,897.00		
		補充備料	404,691.00	3	134,897.00		
	-吸排氣閉座不良	吸排氣閉座不良總計	575,744.00	7	82,249.14		
		改良設計	287,448.00	3	95,816.00		
		重新裝置	61,025.00	1	61,025.00		
		補充備料	227,271.00	3	75,757.00		
	-空氣冷卻器不良	空氣冷卻器不良總計	528,594.00	6	88,099.00		
		更換新品	287,487.00	3	95,829.00		
		重新裝置	241,107.00	3	80,369.00		
	-電壓電流聯合選項鈕、	電壓電流聯合選項鈕、	146,202.00	2	73,101.00		
		重新裝置	146,202.00	2	73,101.00		
	-增壓機的污染	增壓機的污染總計	1,340,524.00	12	111,710.33		
		拆開清理	145,227.00	1	145,227.00		
		重新裝置	437,880.00	4	109,470.00		
		補充備料	757,417.00	7	108,202.43		
	-機器本體震動異常，且	機器本體震動異常，且	469,708.00	4	117,427.00		
		拆開清理	469,708.00	4	117,427.00		

圖 37、MTBF Cube 線上分析處理資料查詢示範

4.3.3.4. MTTR Cube

所以MTTR 追求的是愈低愈好 (Lower MTTR)，代表愈能快速的處理故障現象，使其回歸於正常的狀態，也代表其維護度越好。在 3.3.3 節所選出設備性能類型中的維護度目標，績效指標為平均維護時間，故建立「MTTR Cube」以供維護管理者能得知設備的維修處理時間與效率。如圖 36 所示為MTTR Cube的資料結構，為雪花式資料綱要。MTTR Cube探討的一般量值主要為故障次數及停止時間，衍生量值為平均維修時間，在維度方面共有設備類型、品牌規格、設備壽命、維護策略、維修保養、時間等 6 個維度，這些維度能讓維護管理者由不同角度來分析維護度之績效值變化，以找出維護時間太長的原因，並檢討維護效率。

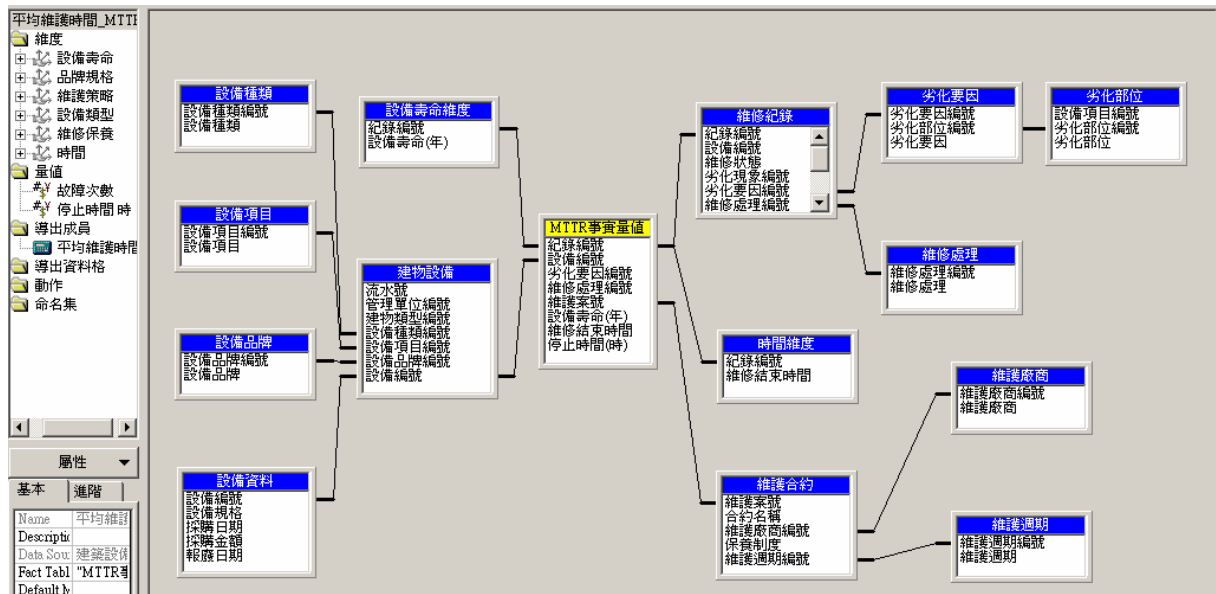


圖 38、MTTR 雪花式綱要

經由「MTTR Cube」的平均維護時間分析，可得知設備的維修處理時間，也就是從設備故障到維修完畢的花費時間，也象徵了維護廠商的維修保養效率及設備維修的困難程度，如圖 39 的查詢示範為依「設備類型」中電氣種類的發電機項目，依「維護策略」中各維護廠商及各維護制度的各維護週期所查詢的MTTR值，如此可分析相關設備效能的影響因子對維護度目標中的績效指標所產生的數值變化。

Cube 瀏覽器 - 平均維護時間_MTTR

時間: 所有的時間 | 設備壽命: 所有的設備壽命
 設備類型: 發電機 | 品牌規格: 所有的品牌規格

				MeasuresLevel	故障次數	停止時間時	平均維護時間
- 維護廠商	- 保養制度	+ 維護週期	+ 劣化部位	所有的 維修保養	59	3,047	52
所有的 維護策略	所有的 維護策略 總計	所有的 維護策略 總計	+ A.TS開關	1	31	31	
			+ 油箱	2	4	2	
			+ 排氣管、消音器	6	194	32	
			+ 發電機外觀	4	200	50	
			+ 發電機運轉	41	1,892	46	
			+ 蓄電池	5	726	145	
			所有的 維修保養	59	3,047	52	
			+ A.TS開關	1	31	31	
			+ 油箱	2	4	2	
			+ 排氣管、消音器	6	194	32	
大同	大同 總計	大同 總計	+ 發電機外觀	4	200	50	
			+ 發電機運轉	41	1,892	46	
			+ 蓄電池	5	726	145	
			所有的 維修保養	59	3,047	52	
			+ A.TS開關	1	31	31	
			+ 油箱	2	4	2	
			+ 排氣管、消音器	6	194	32	
			+ 發電機外觀	4	200	50	
			+ 發電機運轉	41	1,892	46	
			+ 蓄電池	5	726	145	
- 大同	- 預防維護	預防維護 總計	所有的 維修保養	59	3,047	52	
			+ A.TS開關	1	31	31	
			+ 油箱	2	4	2	
			+ 排氣管、消音器	6	194	32	
			+ 發電機外觀	4	200	50	
			+ 發電機運轉	41	1,892	46	
			+ 蓄電池	5	726	145	
			所有的 維修保養	59	3,047	52	
			+ A.TS開關	1	31	31	
			+ 油箱	2	4	2	
+ 月			+ 排氣管、消音器	6	194	32	
			+ 發電機外觀	4	200	50	
			+ 發電機運轉	41	1,892	46	
			+ 蓄電池	5	726	145	

圖 39、MTTR Cube 線上分析處理資料查詢示範

4.3.3.5. Availability Cube

可用性追求的是愈高愈好 (Higher Availability)，在 3.3.3 節所選出設備性能類型中的可用度目標，績效指標為設備利用率，故在此建立的「Availability Cube」可讓維護管理者能得知設備的使用狀況，了解設備是否正常運作。如圖 40 所示為 Availability Cube 的資料結構，為雪花式資料綱要。Availability Cube 探討的一般量值主要為了導出生量值，衍生量值為設備利用率，在維度方面共有設備類型、品牌規格、設備壽命、維護策略、維修保養、時間等 6 個維度，這些維度能讓維護管理者由不同角度來分析可靠性之績效值變化，以檢討設備利用率過低的原因。

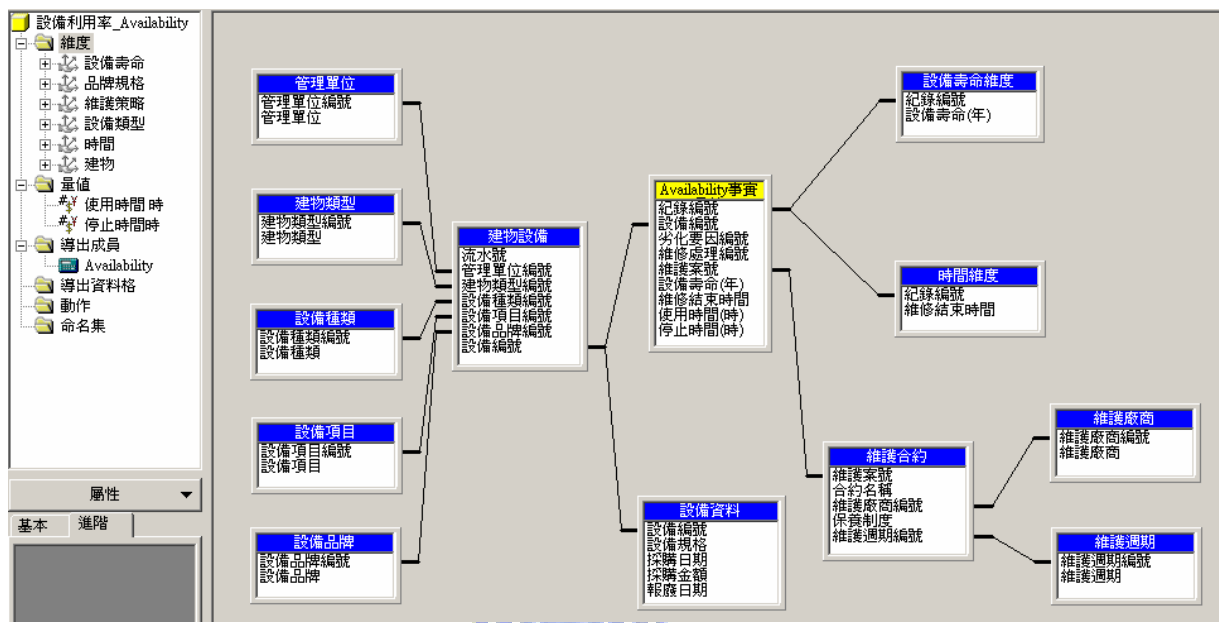


圖 40、Availability 雪花式綱要

經由「Availability Cube」的可用度分析，可得知設備的使用程度及運作情形，也就是使用時間佔所有時間的比例，也可看出採購該設備是否有符合使用上的需求，或者是因久未報修處理而閒置不用造成浪費，如圖 41 的查詢示範為依「建物」維度中的各管理單位中的各建物類型，查詢其內部設備年齡的設備利用率，如此可分析相關設備效能的影響因子對可用度目標中的績效指標所產生的數值變化。

Cube 瀏覽器 - 設備利用率_Availability

時間: 所有的 時間 | 設備類型: 所有的 設備類型
 維護策略: 所有的 維護策略 | 品牌規格: 所有的 品牌規格

管理單位	建物類型	設備壽命年	MeasuresLevel	
			Availability	
所有的 建物	所有的 建物 總計	所有的 設備壽命	99.95%	
		11	99.97%	
		13	99.97%	
		14	99.97%	
		15	99.95%	
		17	99.99%	
		21	99.98%	
		4	99.92%	
		6	99.91%	
		7	99.91%	
		8	99.75%	
- 人社院	人社院 總計	所有的 設備壽命	99.95%	
		11		
		13	99.95%	
		14		
		15		
		17		
	人社一館	人社一館	所有的 設備壽命	99.95%
			11	
			13	99.95%
			14	
			15	

圖 41、Availability Cube 線上分析處理資料查詢示範



4.4 動態操作說明

在此將以Cost Cube檢視維護費績效值，作為範例說明利用本系統進行績效分析的過程，由於本系統為依維護管理者需求，透過拉取相關維度可快速且自動的產生查詢資料，隨著資訊顯示的差異而做不同的查詢動作，故稱之為動態操作分析。本小節以Cost Cube作為範例說明，如圖 42 所示為維護費的六項檢視維度及維度下的各屬性層級，可利用OLAP Server所提供的操作功能，本小節將示範上鑽與深耕此二動態操作方式。

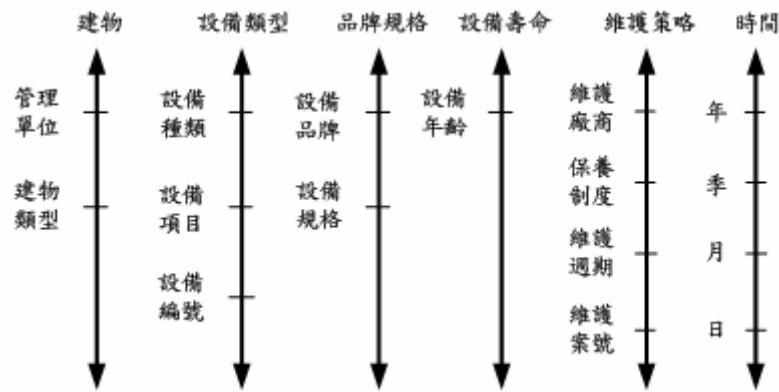


圖 42、維護費相關維度與層級示意圖

一、上鑽(Roll-Up)：向上層屬性資料縮小維度，顯示資料的彙總值。如圖 14 所示，針對設備種類而言，若欲觀察各時間維護花費的分佈情形，可將設備類型的維度向上縮小為設備種類，如此就可以較為宏觀的角度觀察各設備種類的歷史維護花費。


+ 年	+ 設備種類	MeasuresLevel	
		維護金額	月平均維護費
所有的時間	所有的設備類型	2,244,562.00	8,802.20
	+ 昇降	1,659,300.00	7,508.14
	+ 空調	320,162.00	1,275.55
	+ 電氣	265,100.00	1,039.61
+ 2003	所有的設備類型	1,026,881.00	4,026.98
	+ 昇降	889,700.00	4,025.79
	+ 空調	37,581.00	149.73
	+ 電氣	99,600.00	390.59
+ 2004	所有的設備類型	569,380.00	2,232.86
	+ 昇降	398,700.00	1,804.07
	+ 空調	150,180.00	598.33
	+ 電氣	20,500.00	80.39
+ 2005	所有的設備類型	648,301.00	2,542.36
	+ 昇降	370,900.00	1,678.28
	+ 空調	132,401.00	527.49
	+ 電氣	145,000.00	568.63

圖 43、上鑽示意圖

舉例說明實用的決策查詢應用，包括如下。

1. 預算分配：彙總設備類型維度之量值，上鑽觀察歷年來各設備種類的維護費用變化，參考並分配下年度的維護預算。
2. 更新考量：彙總品牌規格維度之量值，上鑽觀察歷年來各家設備品牌的維護費用變化，在設備更新時可選擇優良的設備品牌。
3. 監督廠商：彙總維護策略維度之量值，上鑽觀察歷年來各家維護廠商的維護費用變化，可得知其支領維護費的狀況。

二、**深耕(Drill-Down)**：向下層屬性資料放開維度，顯示出資料的詳細值。如圖 15 所示，針對設備類型這個維度，若欲觀察各時間維護花費的分佈情形，必須將建物維度的系所層級向下展開成棟館，以得各設備、各季在每個棟館的維修情形。



年	設備種類	設備項目	設備編號	MeasuresLevel		
				維護金額	月平均維護費	
所有的時間	- 空調	- 箱型冷氣機	03PAC-2	25,200.00	237.74	
			11A20RT-1			
			11A20RT-2	112,600.00	598.94	
			A20RT-1	62,451.00	278.80	
			A20RT-2	0.00	0.00	
			A20RT-3	14,989.00	87.15	
			A30RT	0.00	0.00	
			PAC-5	37,472.00	814.61	
			PAC-6	52,461.00	1,417.86	
			PAC-7	14,989.00	272.53	
			- 離心式冰水主機 總計		0.00	0.00
			B11		0.00	0.00
			B12			
			- 電氣 總計		265,100.00	1,039.61
	- 電氣		- 小型發電機 總計		265,100.00	1,039.61
			N02K02		6,800.00	30.22
			N12K12		16,000.00	71.43
			N14K14		132,000.00	2,030.77
			N16K16			
			N20K20		72,000.00	553.85
N24K24			28,000.00	109.80		
N25K25			10,300.00	60.59		
N26K26						

圖 44、深耕示意圖

舉例說明實用的決策查詢應用，包括如下。

1. 節省開銷：深耕觀察歷年來各設備類型的維護費用變化，可發現主要是哪些設備種類、項目、編號所造成的影響，檢討高維護費用的設備，以利改善現象。
2. 季節性：深耕時間維度之量值，可分別觀察各年、各季、各月的維護費用變化，協助掌握各時間維護費用的現金流量。

4.5 小結

根據第三章績效評估發展中建構之績效指標類型中的維護目標，在資料倉儲系統中發展成為資料方體（Cube），也就是將績效指標的衡量值儲存於多維度檢視的資料架構中，再以相關維度來檢視 Cube 內的資料，而 OLAP Server 所提供的操作功能包括，上鑽(Roll-Up)、深耕(Drill-Down)、切片(Slice)、切丁(Dice)、轉軸(Pivot)等檢視方式，利用以上操作動作進行資料分析，Cube 內的績效指標計算量值將自動重組排列及運算數值，維護管理者可依決策需要，操作各維度及其維度層級的資料，分析績效指標衡量值的組成架構，達到支援決策資訊的呈現效果。

本研究建置之決策支援系統的最大目的在於以相關影響因子幫助分析績效指標的落差原因，在建置好個案對象的資料倉儲系統後，最重要的是維護管理者如何藉由資料倉儲所提供的資訊來支援建築設備維護績效的改善，可利用本研究所設計之使用者介面簡易的將 OLAP 的分析資料透過 Excel 報表與繪圖，更具體且一目了然的觀看資料的分佈，並能夠快速的找出維護管理中的問題點，以擬定改善的應對策略。



第5章 個案分析

經由前述章節所建置之決策支援系統，在此章節進行個案分析，並以Excel的樞紐分析表（Pivot Table）來做為前端分析工具，瀏覽資料倉儲中Cube所儲存的資訊；所將採用的個案資料為交通大學建築設備維護作業資料，由於資料的涵蓋層面廣泛，故本研究分析個案的資料範圍，時間為2003年至2005年，建物設備為圖資大樓、工程四館及女二舍等三棟館舍之內部設備，設備種類以電氣、電梯、空調三大類為主。如表27為本系統待分析的績效指標與相關維度，可利用各維度層級與內含元件來檢視績效指標的變化。分析的資料類型主要為績效指標與相關維度，目的為幫助系統發掘關鍵影響要因以擬定改善重點，後續小節將分別針對維護成本與設備效能兩大績效類型進行分析。

表 27、績效指標與相關維度資料

績效指標	維度	層級	元件
1. 總維護費用	建物	管理單位	工學院、生輔組、圖書館
		建物類型	工四館、女二舍、圖資大樓
	設備類型	設備種類	電氣、電梯、空調
設備項目		一般電梯、小型發電機、箱型冷氣機...	
設備編號		N12K12、PAC-5、C800RT-1...	
2. 月平均維護費	品牌規格	品牌	永大、興陽、MITSUBISHI、大同...
3. 總採購費用		規格	容量 250kw、容量 60kw、載重 1000Kg、載重 750Kg...
4. 資產維護比	設備壽命		2、4、6、8、12、14、17、21...
5. 總故障次數	維護策略	維護廠商	復華新桃、揚力、永大...
		保養制度	預防保養、修正保養
		維護週期	1月、2月、無...
6. 平均失效間隔	維修保養	劣化部位	發電機運轉組件、排氣管、消音器
7. 平均維護時間		劣化要因	引擎故障、老舊、散熱故障...
8. 設備利用率		維修處理	更換新品、重新裝置、補充備料
	時間	年	2003、2004、2005
		季	第一季、第二季、第三季、第四季
		月	1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12
		日	1、2、3、...31

5.1 維護成本績效分析

第三章將維護成本此績效指標類型，區分為維護費與採購費兩個目標進行探討，故依此二目標發展維護成本的檢視架構，在 4.3 小節中建立維護費資料方體 (Cost Cube) 與採購費資料方體 (Asset Cube)，以供相關影響因子進行績效分析，維護管理者可操作本系統以獲得決策過程中的重要資訊。

5.1.1 維護費績效分析

在「Cost Cube」中共有六項維度，採逐步向下探索的方式查詢所需之資訊，決策支援系統會依維度快速且自動的產生資料，維護管理者可操作資料倉儲系統依資訊需求拉進相關維度，以分析維護費之相關績效指標變化原因，以本系統建置的 Cost Cube 進行分析，觀察績效變化趨勢，以找出異常原因。

各維度影響之整體績效變化

- 一、時間：如圖 45 所示，以年與季分析維護費績效，2003 年第四季與 2005 年第二季的維護費異常偏高。



圖 45、以時間分析維護費績效

二、設備壽命：如圖 46 所示，以設備壽命分析維護費績效，12 年到 15 年的維護費較高，因本個案資料時間僅採取 2003 年至 2005 年，故年數較少的設備其月平均維護費會較高。

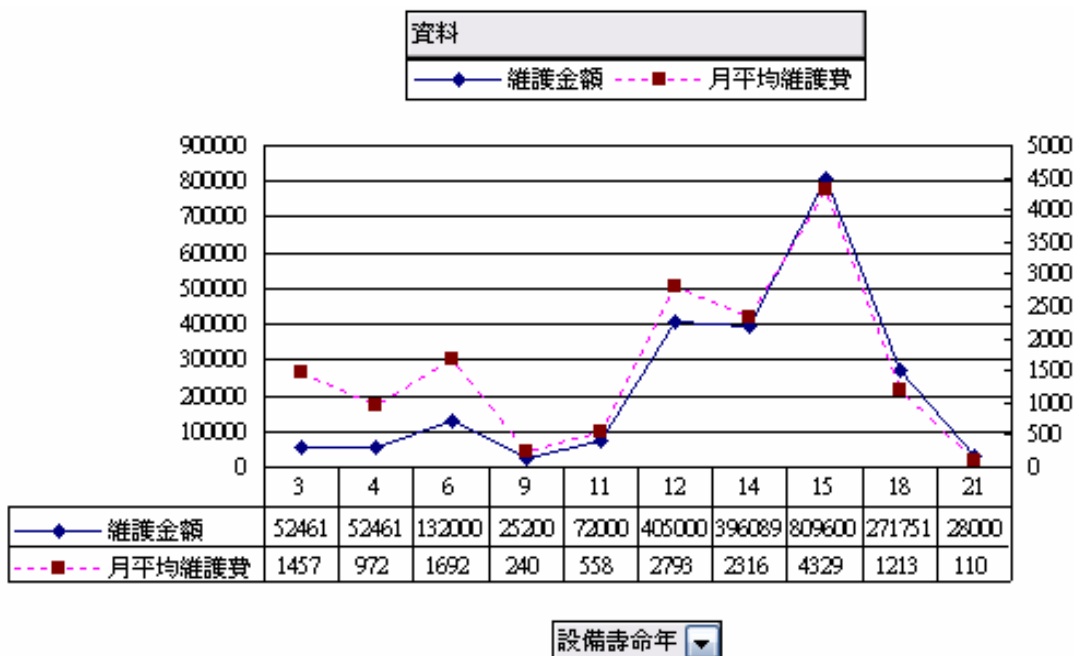


圖 46、以設備壽命分析維護費績效

三、建物：如圖 47 所示，以管理單位與建物類型分析維護費績效，圖資大樓維護金額最高，工四館的月平均維護費最高；本資料庫中圖資大樓的設備數量 23 項，工四館與女二舍皆為 8 項，故工四館各設備產生的平均維護費較高。

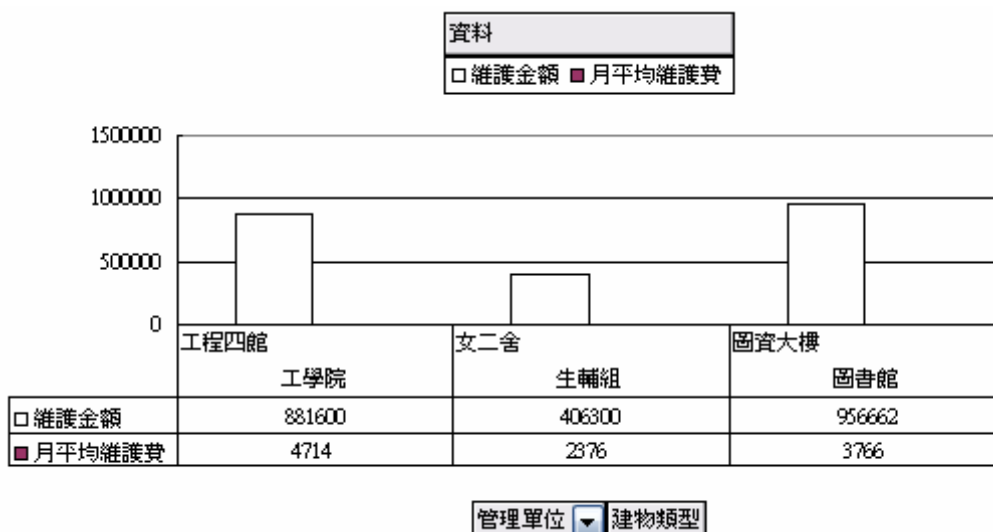


圖 47、以建物分析維護費績效

四、設備類型：如圖 48 所示，以設備種類與設備項目分析維護費績效，維護費主要集中於昇降種類中的一般電梯。

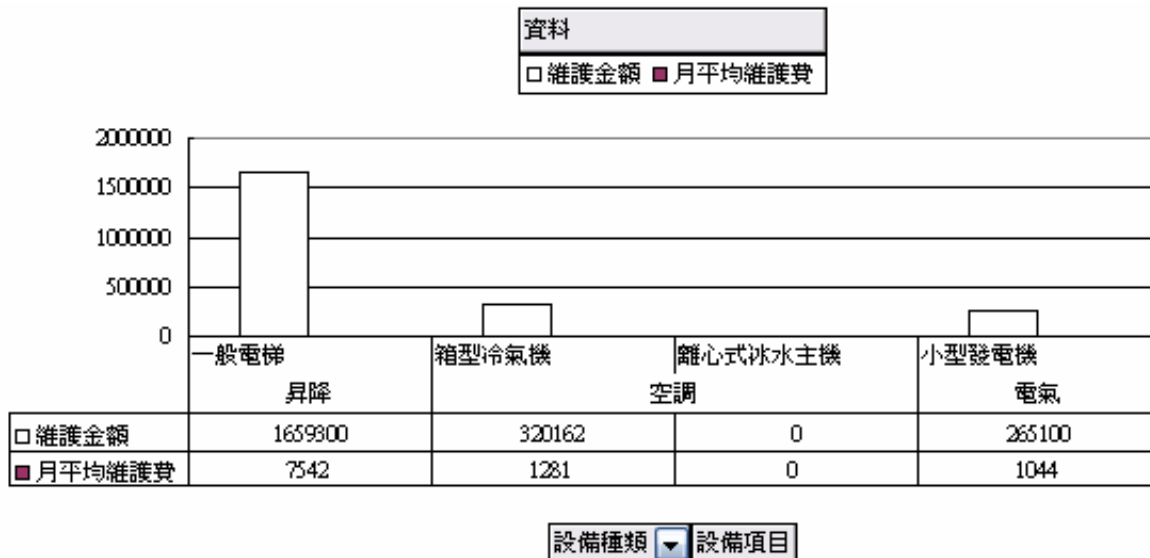


圖 48、以設備類型分析維護費績效

五、品牌規格：如圖 49 所示，以設備品牌與設備規格分析維護費績效，永大此設備品牌的設備數量占較多，故其維護費也較多，其次為崇友；在實務訪談時即得知永大屬於高花費高品質的設備廠牌。

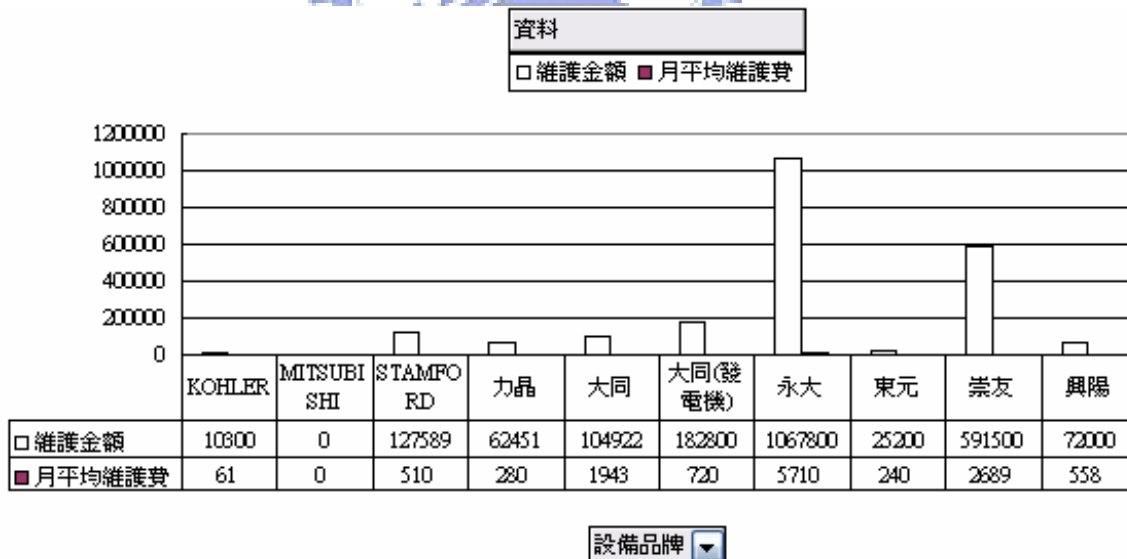


圖 49、以品牌規格分析維護費績效

六、維護策略：如圖 50 所示，以維護廠商、保養制度與維護週期分析維護費績效，永大為原廠維護商，故占較多維護費；復華新桃廠商則月平均維護費較高，其維護制度為修正維護，並無定期保養。

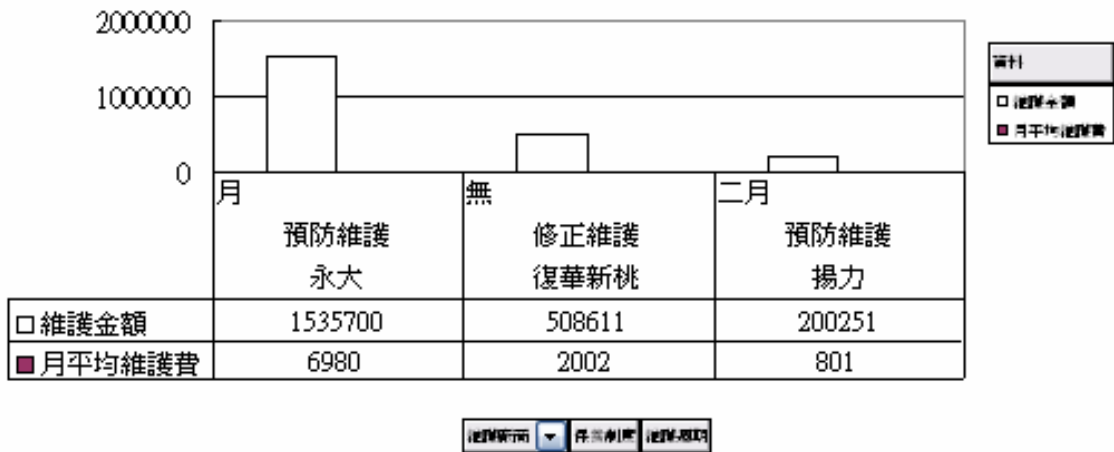


圖 50、以維護策略分析維護費績效

績效異常追查與改善

一、如圖 51 所示，根據時間維度對整體績效的影響，2003 年第四季的維護費最高；故配合建物維度檢視，工學院與圖書館的維護費偏高。

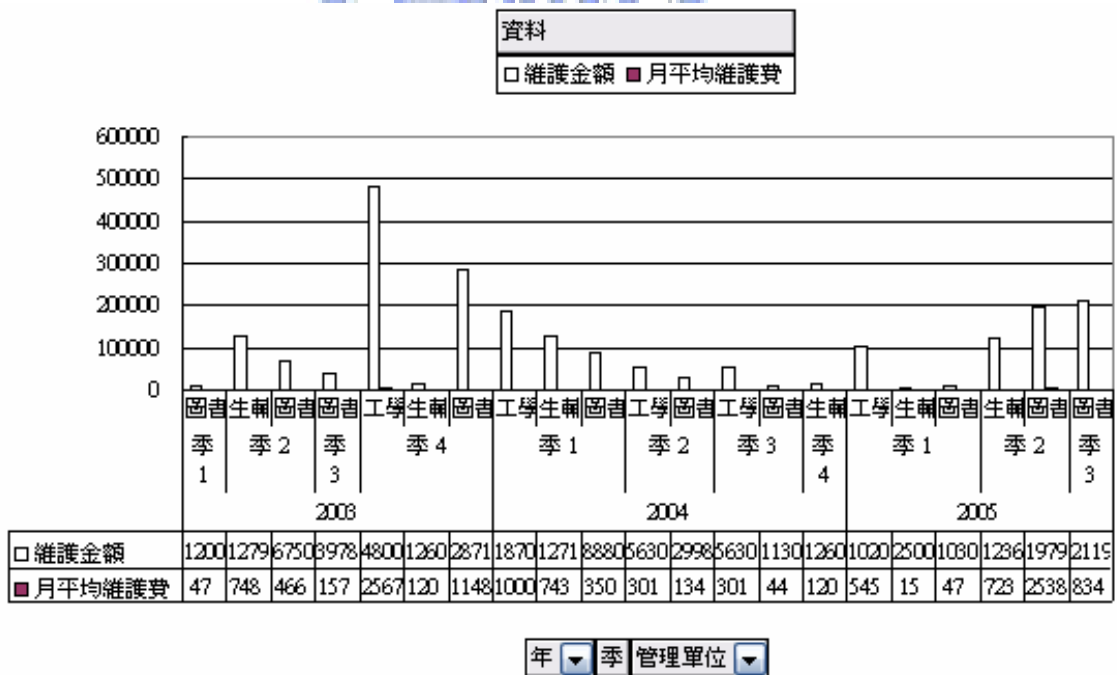


圖 51、以時間與建物追查維護費績效

二、如圖 52 所示，以設備類型維度追查上述績效原因，昇降種類的維護費偏高，向下深耕分析，一般電梯中設備編號為 P01001、P01002、P011001、P011002 的維護費偏高。

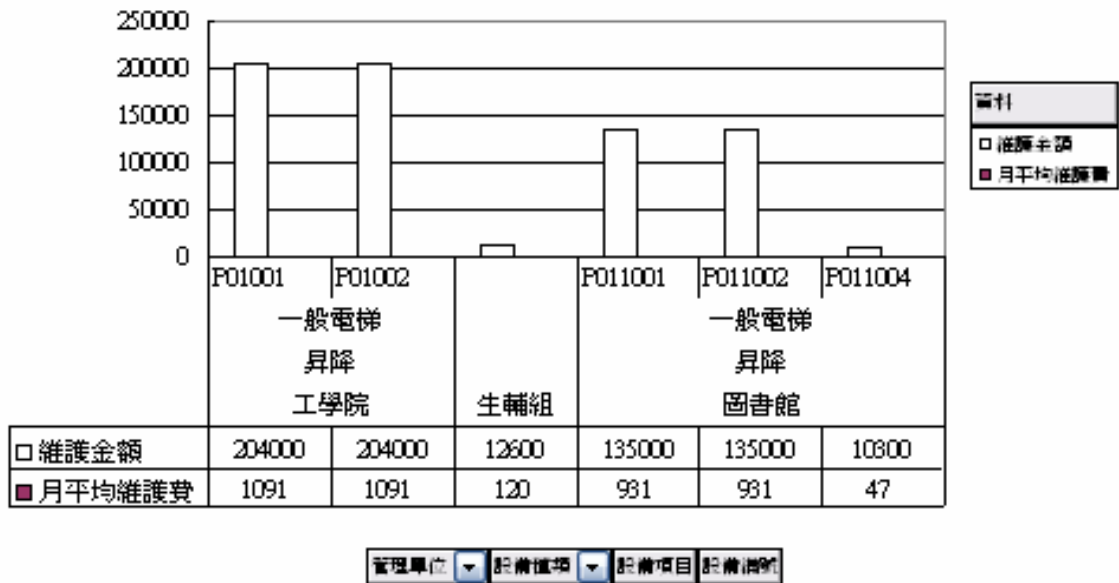


圖 52、以設備類型追查維護費績效

三、如圖 53 所示，以維護策略維度追查上述績效原因，該四項設備皆為永大維護廠商負責；以設備壽命維度追查，12 年及 15 年兩種設備壽命的維護費偏高，對照圖 46 可看出以 12 年到 15 年間最容易造成維護費偏高。永大維護的設備編號 P011004 為 18 年，但月平均維護費僅 47 元，追查品牌規格以進一步瞭解。

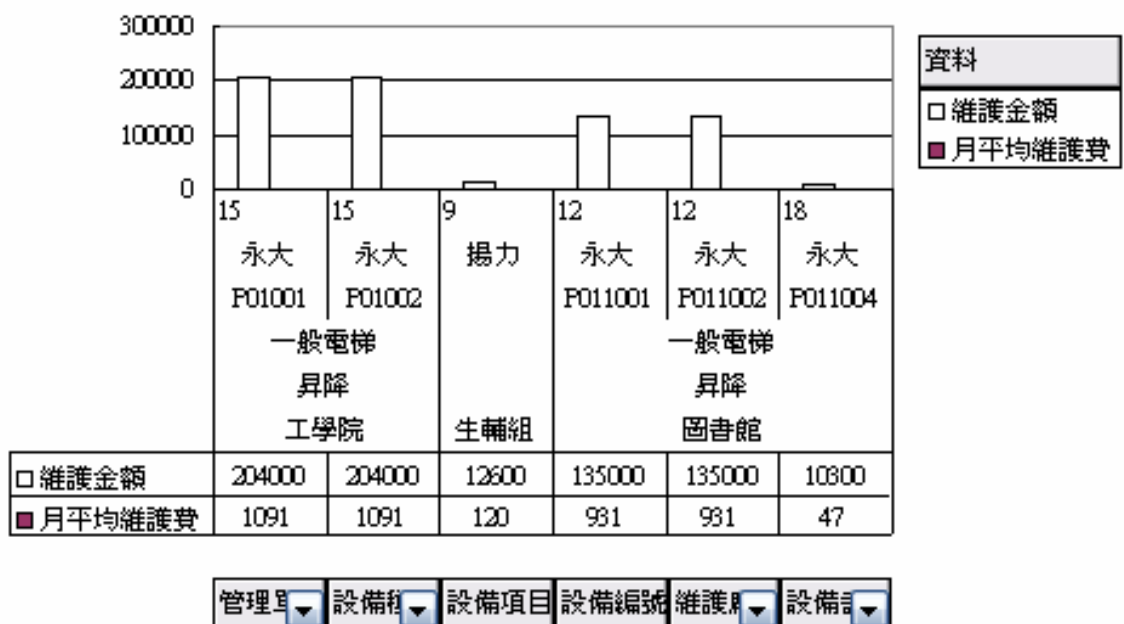


圖 53、以維護策略追查維護費績效

四、如圖 54 所示，以品牌規格維度追查上述績效原因，並向下深耕分析，該設備品牌為崇友，規格為 1500Kg，其高耐用年限及低維護費使績效表現良好。

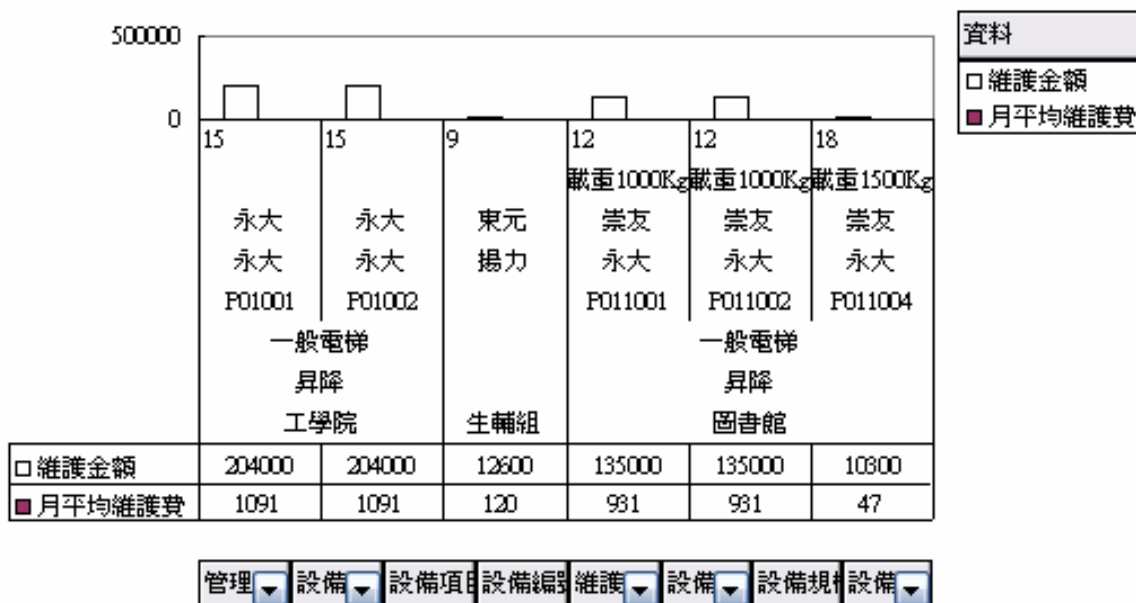


圖 54、以品牌規格追查維護費績效

5.1.2 採購費

在「Asset Cube」中共有四項維度，採逐步向下探索的方式查詢所需之資訊，決策支援系統會依維度快速且自動的產生資料，維護管理者可操作資料倉儲系統依資訊需求拉進相關維度，以分析採購費之相關績效指標變化原因，以本系統建置的 Asset Cube 進行分析，由資產維護比可得知維護金額占採購金額的比例，觀察變化趨勢，以找出績效異常原因。

各維度影響之整體績效變化

一、設備壽命：如圖 55 所示，以設備壽命分析採購費績效，由於資產維護比由維護金額除以採購金額計算而來，故其與採購金額互為相反關係。

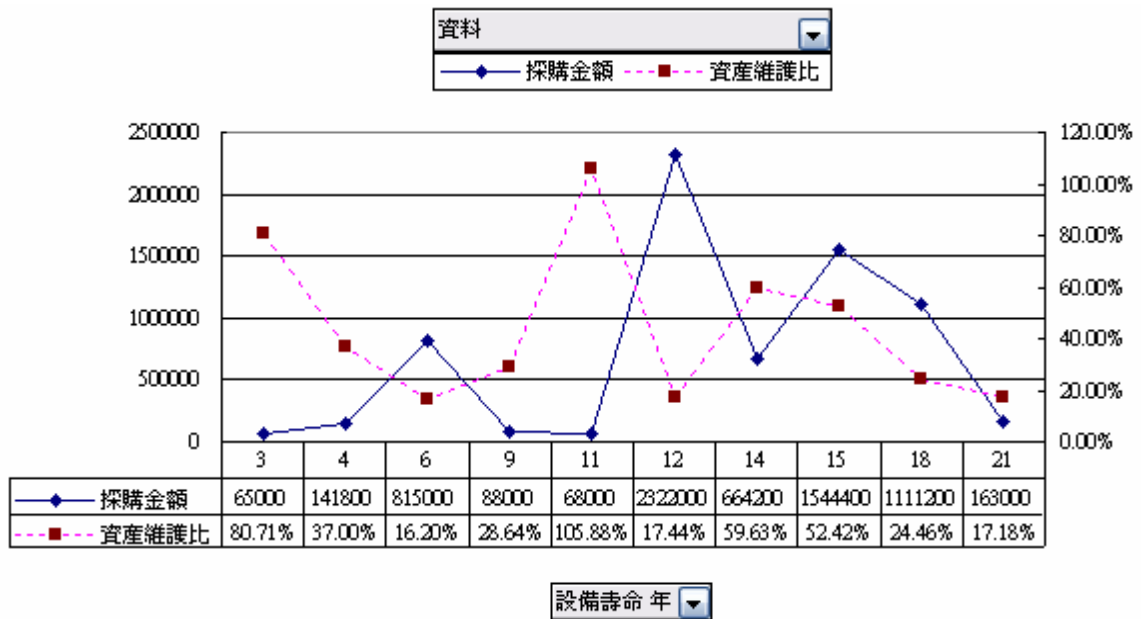


圖 55、以設備壽命分析採購費績效

二、建物：如圖 56 所示，以管理單位與建物類型分析採購費績效，工四館與女二舍的資產維護比偏高，圖資大樓明顯較低，故其採購費績效良好。

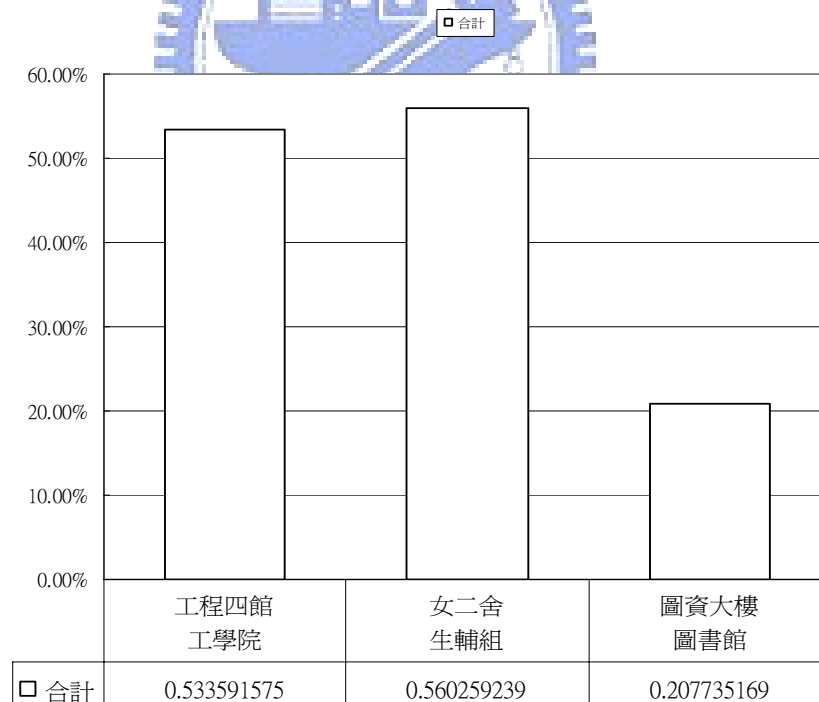


圖 56、以建物分析採購費績效

三、設備類型：如圖 57 所示，以設備種類分析採購費績效，電氣類異常偏高，故其採購後所需付出的維護成本較大。

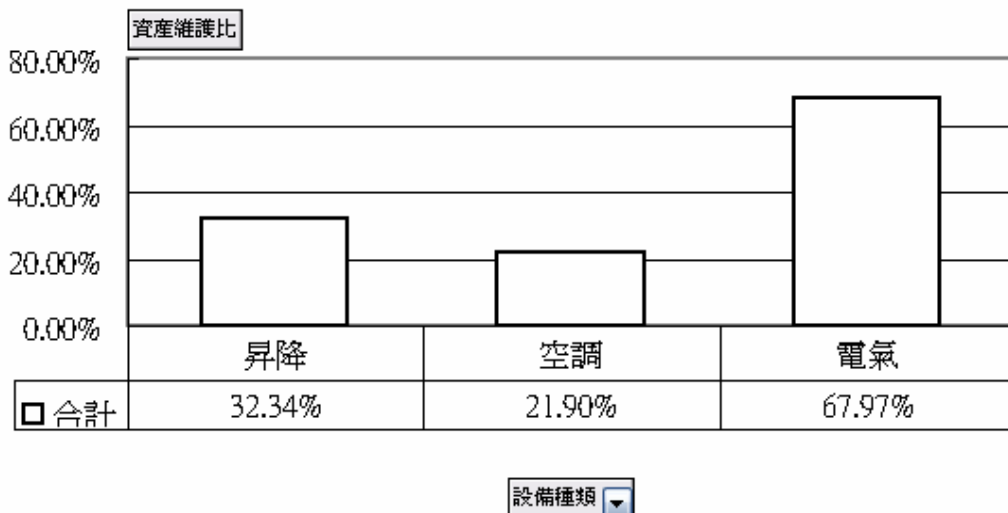


圖 57、以設備類型分析採購費績效

四、品牌規格：如圖 58 所示，以設備品牌分析採購費績效，設備廠牌為大同（發電機）的資產維護比最高，採購費績效較差。

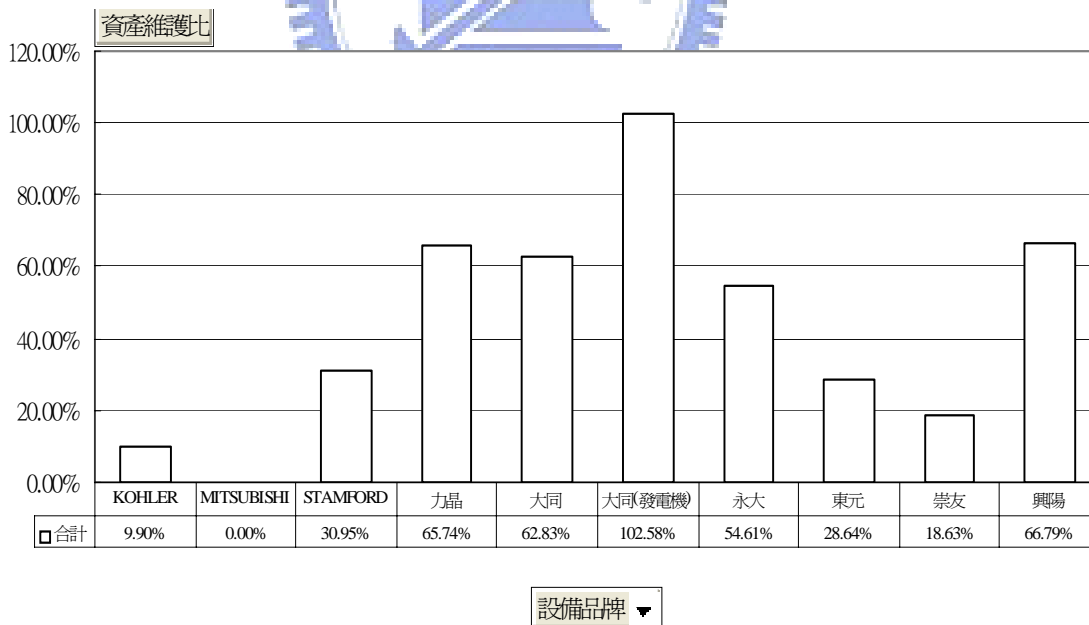


圖 58、以品牌規格分析採購費績效

績效異常追查

一、如圖 59 所示，以建物維度配合設備類型維度追查上述績效原因，圖資大樓中的電氣種類與工程四館的空調種類，資產維護比偏高，分別為 102.58% 與 92.14%，與採購金額幾乎等同。

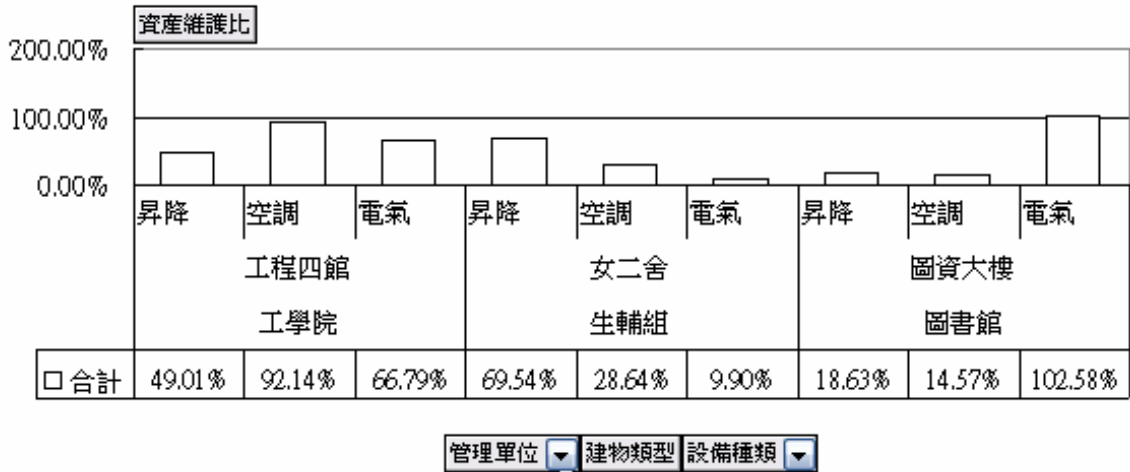


圖 59、以建物與設備類型追查採購費績效

二、如圖 60 所示，為觀察設備老舊與資產維護比的關係，以設備壽命維度追查上述績效原因，資產維護比高低順序變動，圖資大樓的電氣種類中設備年齡 6 年的資產維護比最高，高達 206.25%，幾乎為採購金額的兩倍；而工四館的電氣種類中設備年齡 11 年的設備變為高居第二，高達 105.88%；因工四館兩種設備年齡中 4 年的設備尚新故不需維護，使得 11 年的設備資產維護比偏高。

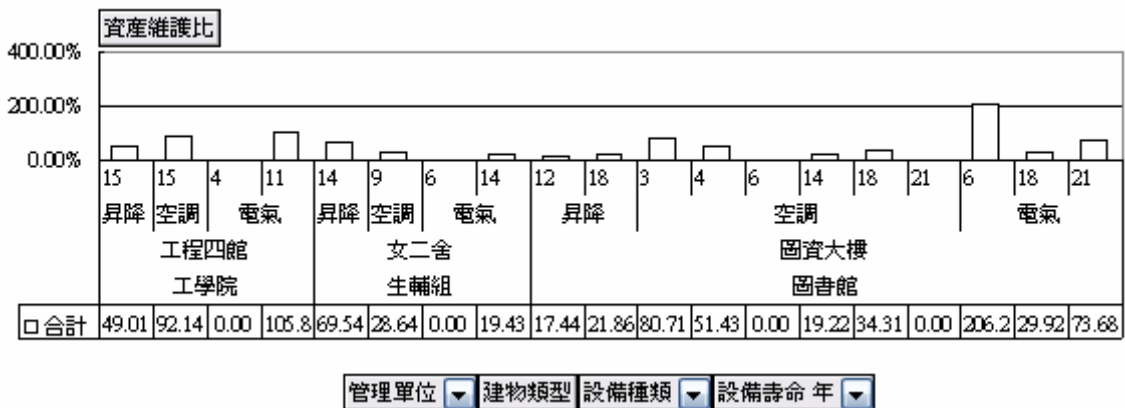


圖 60、以設備壽命追查採購費績效

三、如圖 61 所示，由於設備年齡 6 年的設備資產維護比偏高，向下深耕分析電氣種類中的小型發電機項目，配合品牌規格維度追查採購費績效，電容量瓦數較高的資產維護比偏高。

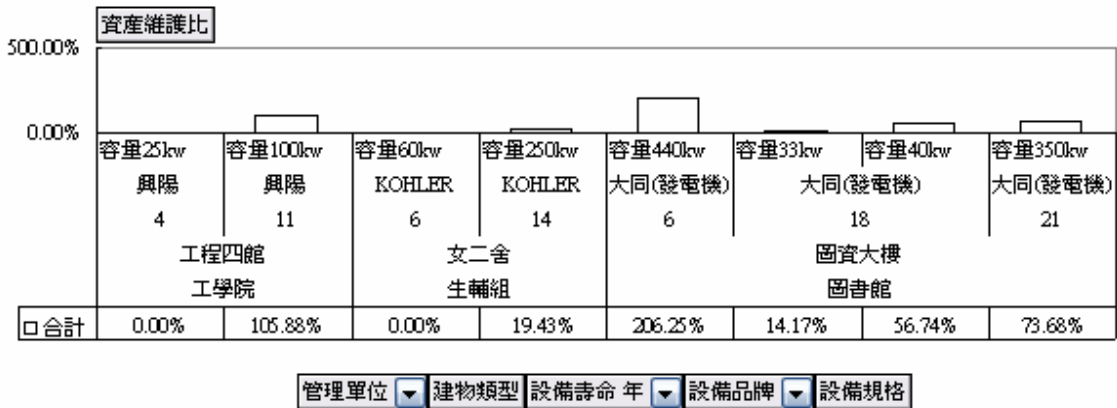


圖 61、以品牌規格追查採購費績效

四、如圖 62 所示，為進一步了解電容量瓦數與採購費績效的關係，改以曲線圖檢視績效變化，設備品牌與電容量瓦數有正比例的關係。

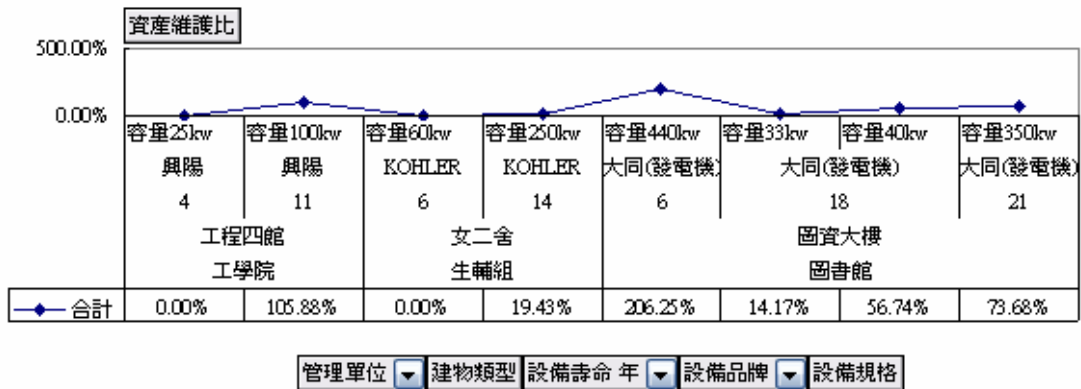


圖 62、以曲線圖追查電容量與採購費績效關係

5.1.3 小結

根據個案的維護成本分析結果，電梯的資產價值高且維護費高的設備，而發電機的資產價值低但資產維護比較高，而空調設備則介於中間。設備維護費績效隨著設備年齡增加而變差，尤以電梯的影響最為明顯，故設備老舊時需考慮更新；本個案三棟建物其電梯品牌以永大為主，而品牌為崇友，規格 1500Kg 載重的設備，有高耐用度與低維護費的優點，在電梯更新時可優先選擇。發電機的電容量規格會影響採購費績效的差異，較高容量的規格其資產維護比較高，故採購時需考慮電容瓦數。

5.2 設備效能績效分析

第三章將設備效能此績效指標類型，區分為可靠度、維護度與可用度三個目標進行探討，故依此三目標發展設備效能的檢視架構，在 4.3 小節中建立可靠度資料方體(MTBF Cube)、維護度資料方體 (MTTR Cube) 與可用度資料方體 (Availability)，以供相關影響因子進行績效分析，維護管理者可操作本系統以獲得決策過程中的重要資訊。

5.2.1 可靠度績效分析

在「MTBF Cube」中共有六項維度，採逐步向下探索的方式查詢所需之資訊，決策支援系統會依維度快速且自動的產生資料，維護管理者可操作資料倉儲系統依資訊需求拉進相關維度，以分析可靠度之相關績效指標變化原因，以本系統建置的 MTBF Cube 進行分析，由 MTBF 可得知設備無故障發生的平均時間，觀察績效變化趨勢，以找出異常原因。

各維度影響之整體績效變化

- 一、時間：如圖 63 所示，以年與季分析可靠度績效，2004 年第四季與 2005 年第二季的可靠度偏低，故障較常發生。

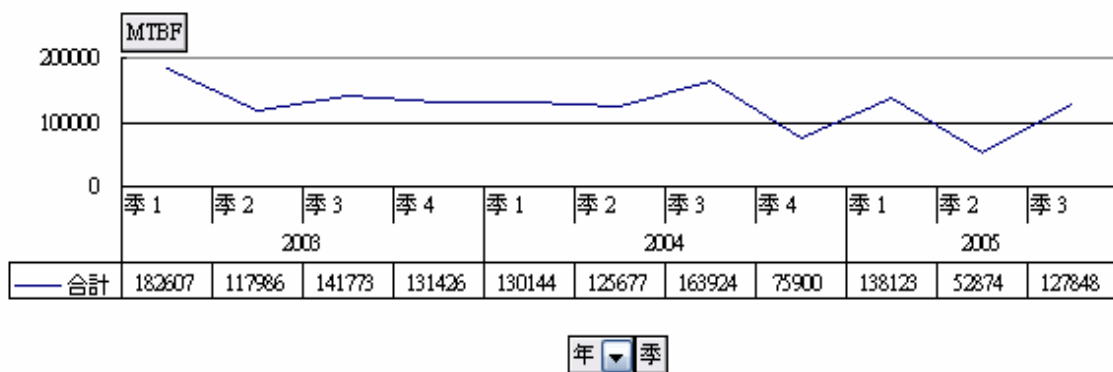


圖 63、以時間分析可靠度績效

二、設備壽命：如圖 64 所示，以設備壽命分析可靠度績效，得知設備壽命與可靠度成正關係，設備壽命越長越不容易出現故障，有待探討關係。

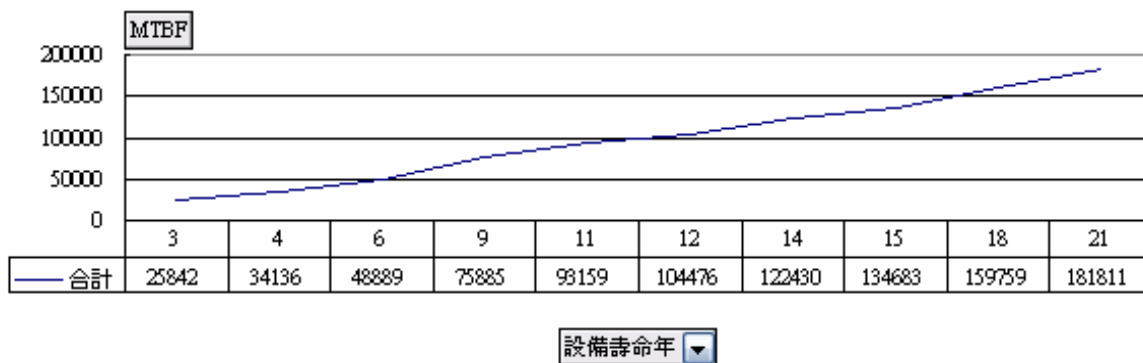


圖 64、以設備壽命分析可靠度績效

三、設備類型：如圖 65 所示，以設備種類與設備項目分析可靠度績效，離心式冰水主機項目雖然故障次數僅 1 次，但可靠度績效落差明顯；因其數量較少故總使用時間累加也較少，也就是較短的總使用時間內發生故障，影響該設備項目群組的績效表現。

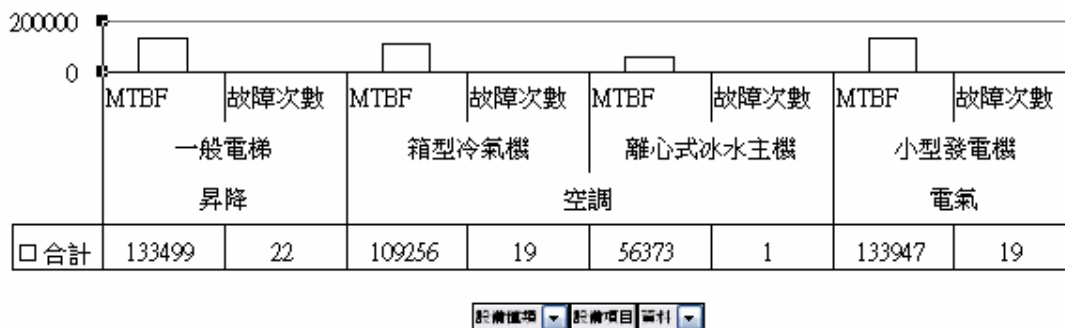


圖 65、以設備類型分析可靠度績效

四、品牌規格：如圖 66 所示，以品牌規格維度分析可靠度績效，大同此品牌的可靠度最差，故障維修較為頻繁。

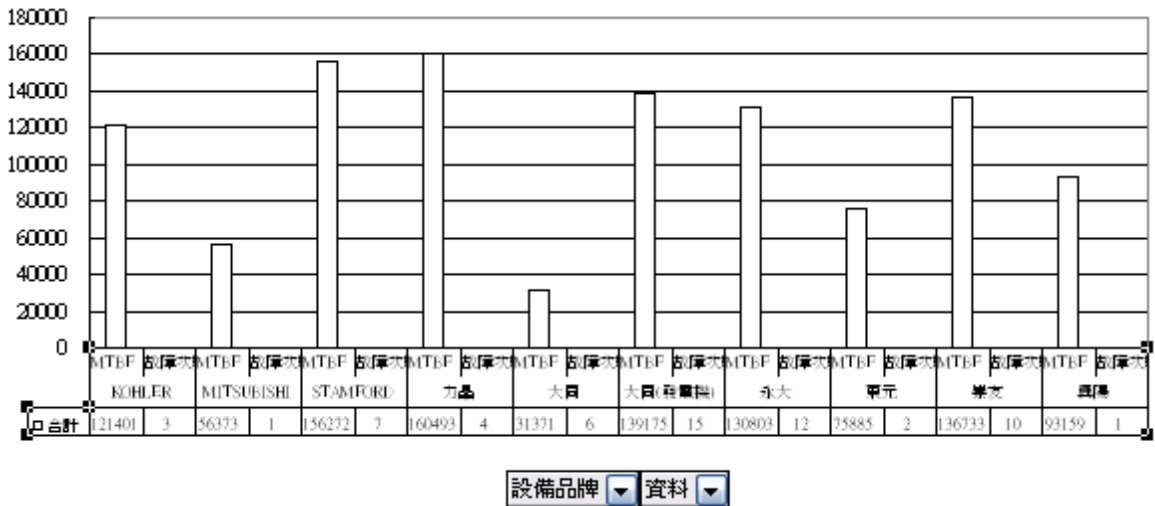


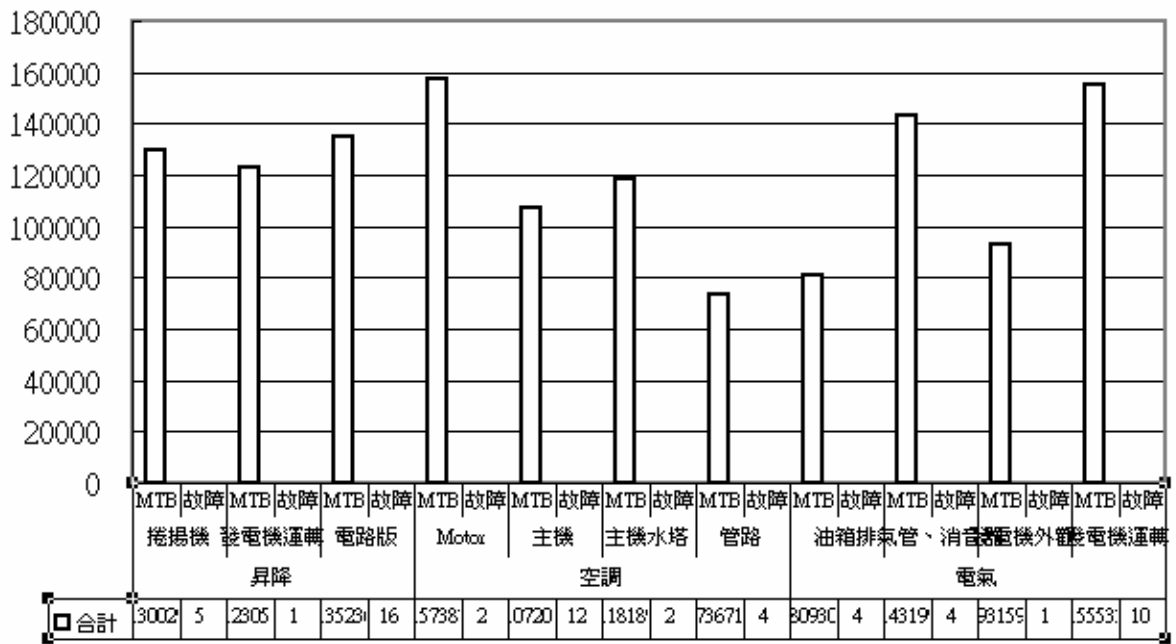
圖 66、以品牌規格分析可靠度績效

五、維護策略：如圖 67 所示，以維護廠商、保養制度與維護週期分析可靠度績效，無明顯差異。



圖 67、以維護策略分析可靠度績效

六、維修保養：如圖 68 所示，以設備種類與劣化部位分析可靠度績效，空調種類中的管路部位落差最大，代表最常維修的為空調中的管路部位。



設備種類 ▾ 劣化部位 ▾ 資料 ▾

圖 68、以維修保養分析可靠度績效

績效異常追查

一、如圖 69 所示，由於時間維度 2004 第四季與 2005 年第二季的可靠度偏低，配合設備類型維度追查其可靠度績效，2005 年第二季的空調與電氣偏低。



年 ▾ 季 ▾ 設備種類 ▾ 資料 ▾

圖 69、以時間及設備類型追查可靠度績效

二、如圖 70 所示，以維護策略維度追查上述績效原因，並向下深耕分析，空調與電氣的維度制度皆為修正維護，故並無維護週期。

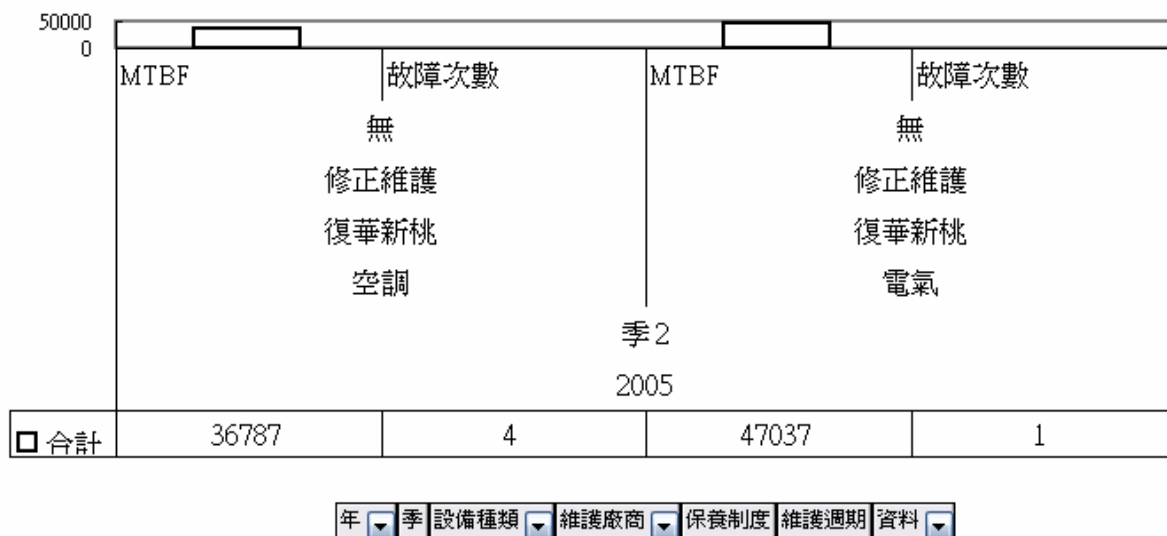


圖 70、以維護策略追查可靠度績效

三、如圖 71 所示，為了了解其它維度的影響性，以設備壽命維度與品牌規格維度追查上述績效原因，設備廠牌大同的績效最低落。

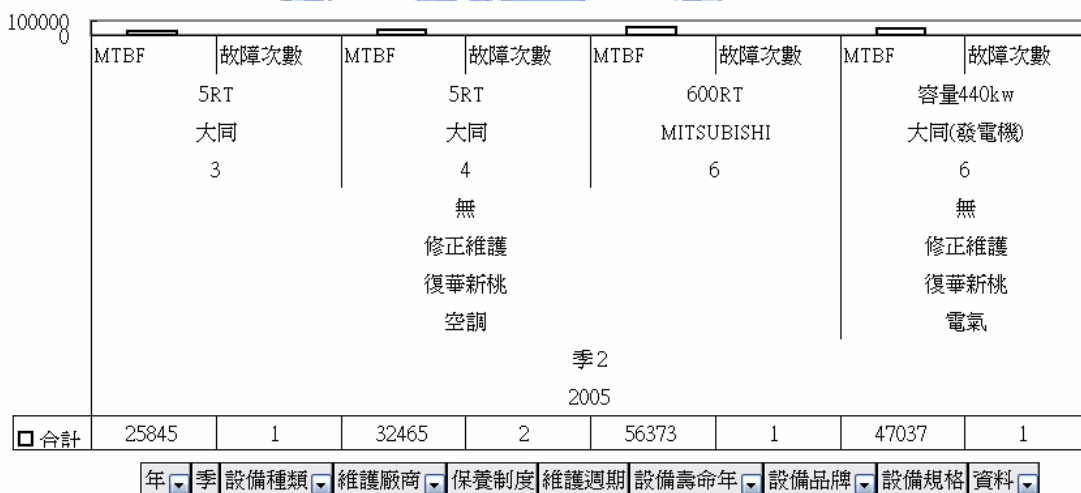


圖 71、以設備壽命與品牌規格追查可靠度績效

四、如圖 72 所示，以維修保養維度追查上述績效原因，故障多發生於管路及主機兩大部位。

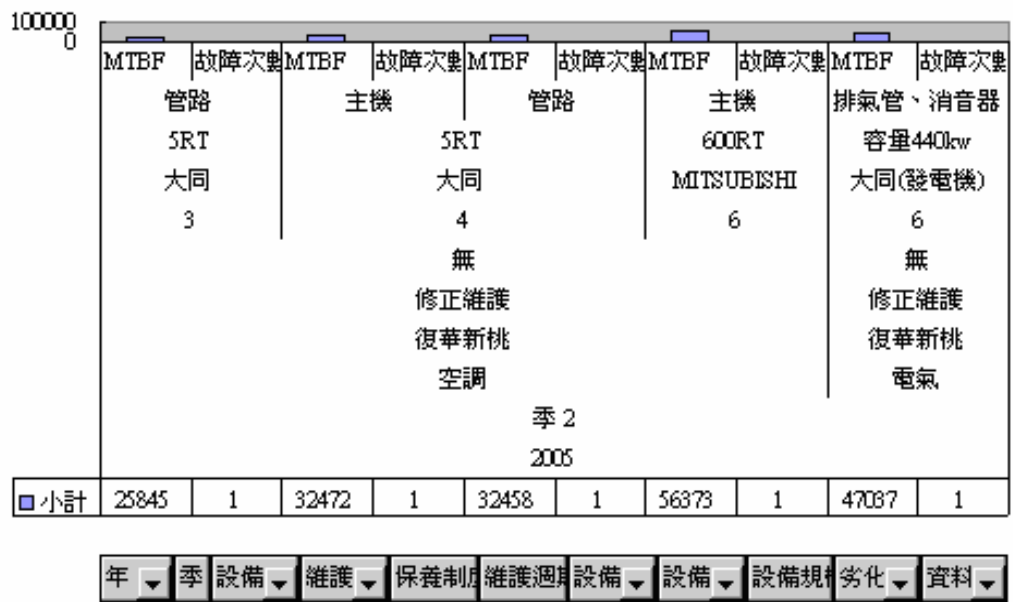


圖 72、以維修保養追查可靠度績效

5.2.2 維護度績效分析

在「MTTR Cube」中共有六項維度，採逐步向下探索的方式查詢所需之資訊，決策支援系統會依維度快速且自動的產生資料，維護管理者可操作資料倉儲系統依資訊需求拉進相關維度，以分析維護度之相關績效指標變化原因，以本系統建置的 MTTR Cube 進行分析，由 MTTR 可得知設備維護的平均時間，觀察績效變化趨勢，以找出異常原因。

各維度影響之整體績效變化

- 一、時間：如圖 73 所示，以年與季分析維護度績效為向下的趨勢，故維修處理逐漸有效率，使平均維修時間較短。

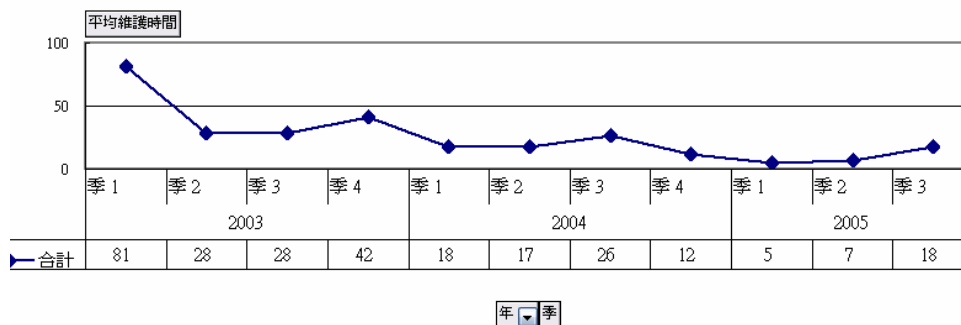


圖 73、以時間分析維護度績效

二、設備壽命：如圖 74 所示，以設備壽命分析維護度績效，除了 12 年與 14 年之外，設備年齡越高的設備，其維護度較高，所需維修時間較多。

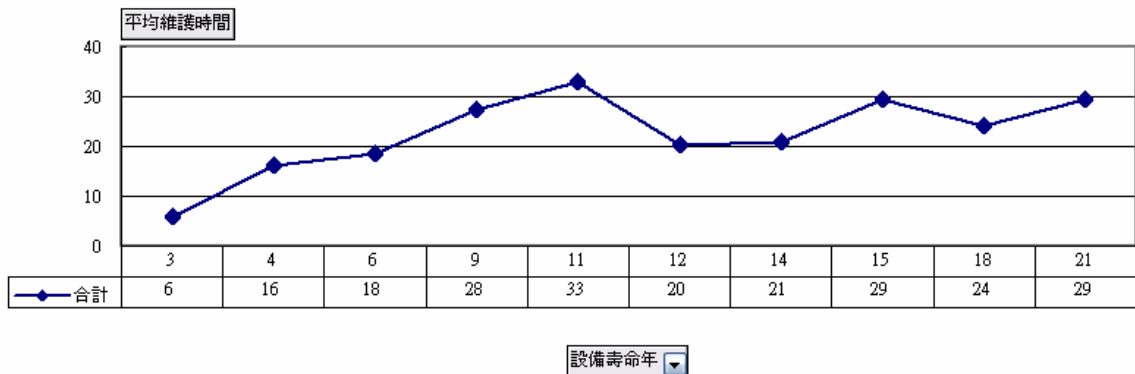


圖 74、以設備壽命分析維護度績效

三、設備類型：如圖 75 所示，以設備種類與項目分析維護度績效，空調中的離心式冰水主機項目，維護度較低，為維修處理最快速的設備項目。



圖 75、以設備類型分析維護度績效

四、品牌規格：如圖 76 所示，以設備品牌與規格分析維護度績效，維護效率明顯最差的為大同發電機中的容量 33KW。

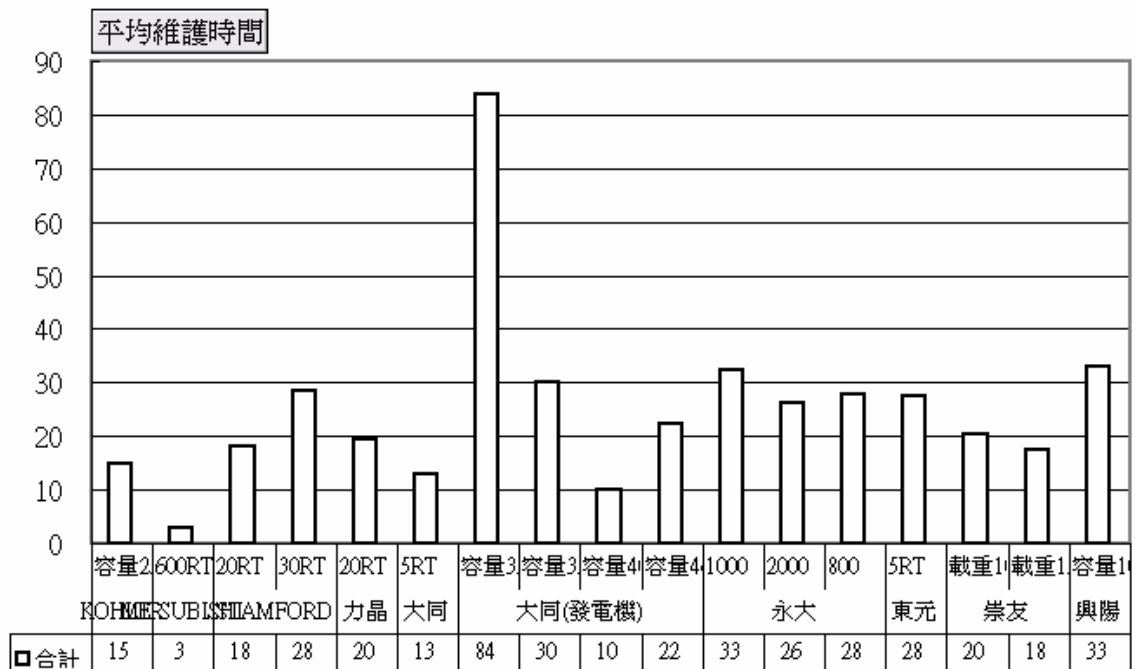


圖 76、以品牌規格分析維護度績效

五、維護策略：如圖 77 所示，以維護廠商分析維護度績效，永大的維護度績效最差。



圖 77、以維護策略分析維護度績效

六、維修保養：以劣化部位分析維護度績效，最花維修時間的部位為冷卻水塔中的 Motor。

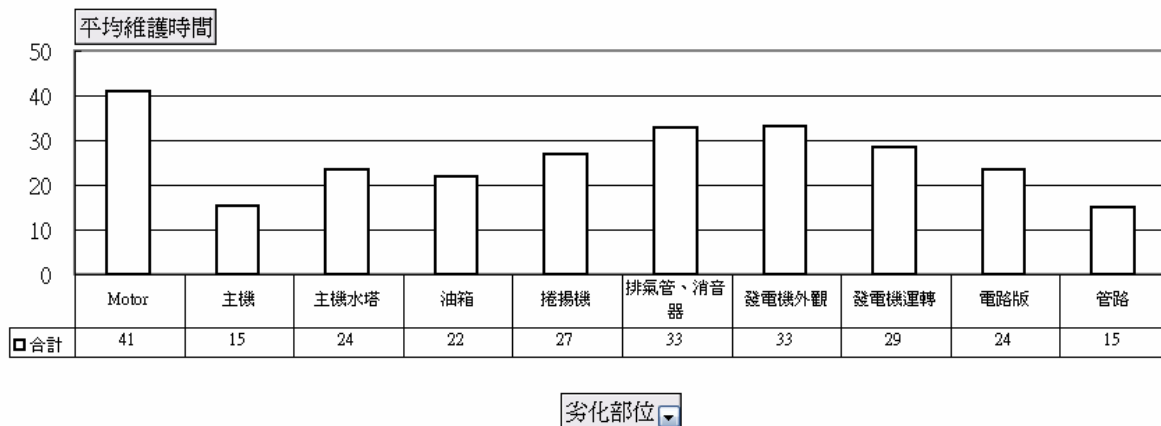


圖 78、以維修保養分析維護度績效

績效異常追查：

一、如圖 79 所示，根據時間維度分析已知維護度偏高為 2003 年，故以設備類型維度追查維護度績效，電氣種類之維護度績效較差，故配合維護策略維度，維護廠商為復華新桃，其保養制度為修正維護。

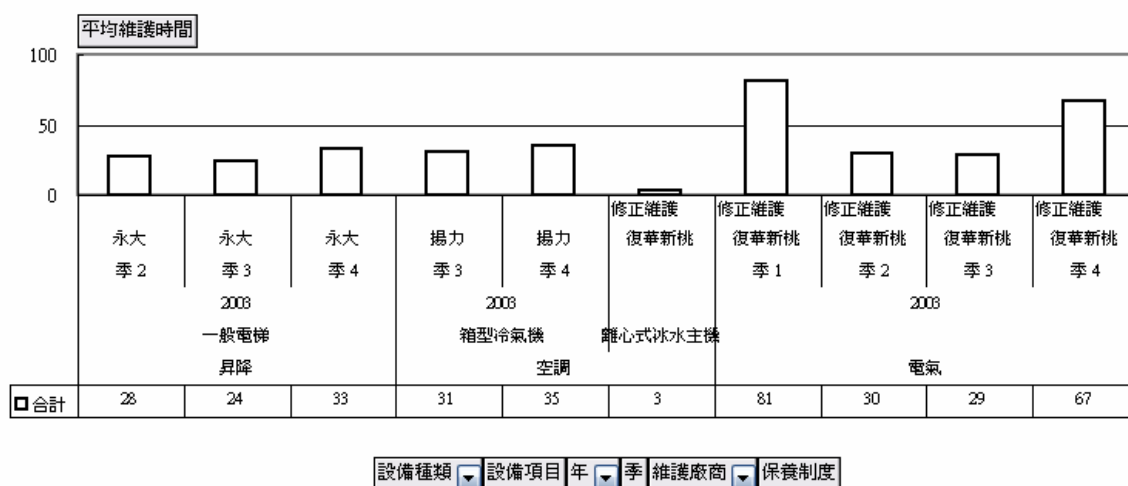


圖 79、以時間、設備類型與維護策略追查維護度績效

二、如圖 80 所示，以設備年齡維度追查上述績效原因，設備年齡 18 年及 21 年的設備的維護度較高，故其所需較多的時間來維修。

平均維修時間						
	18	18	6	11	21	14
	修正維護	修正維護	修正維護	修正維護	修正維護	修正維護
	復華新桃	復華新桃	復華新桃	復華新桃	復華新桃	復華新桃
					季 1	
	2003	2003	2003	2003	2003	2003
	N02K02	N12K12	N14K14	N20K20	N24K24	N25K25
	小型發電機					
	電氣					
合計	84	18	46	33	81	30

設備種類 設備項目 設備機型 年 季 維修時間 保養制度 設備壽命年

圖 80、以品牌規格及設備年齡追查維護度績效

5.2.3 可用度績效分析

在「Availability Cube」中共有五項維度，採逐步向下探索的方式查詢所需之資訊，決策支援系統會依維度快速且自動的產生資料，維護管理者可操作資料倉儲系統依資訊需求拉進相關維度，以分析可用度之相關績效指標變化原因，以本系統建置的Availability Cube 進行分析，觀察績效變化趨勢，以找出異常原因。

各維度影響之整體績效變化

一、時間：如圖 81 所示，以年與季分析可用度績效，2003 年第一季的可用度較差。

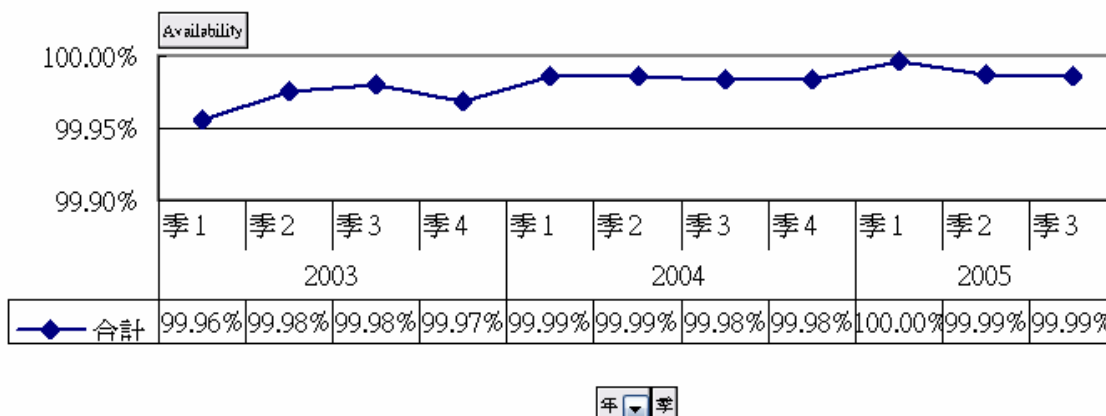


圖 81、以時間分析可用度績效

二、設備壽命：如圖 82 所示，以設備壽命維度分析可用度績效，無明顯關係。

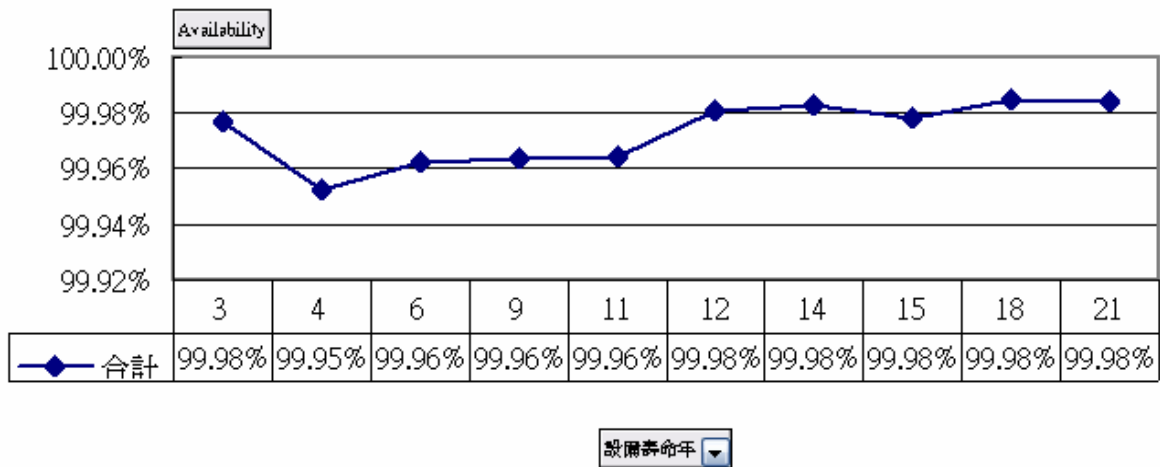


圖 82、以設備壽命分析可用度績效

績效異常追查：

如圖 83 所示，由時間維度已發現 2003 年第一季較為偏高，故向下深耕並搭配設備類型維度、設備規格與維護策略維度累加檢視，得知大同發電機與其修正維護的保養制度影響可用度績效。

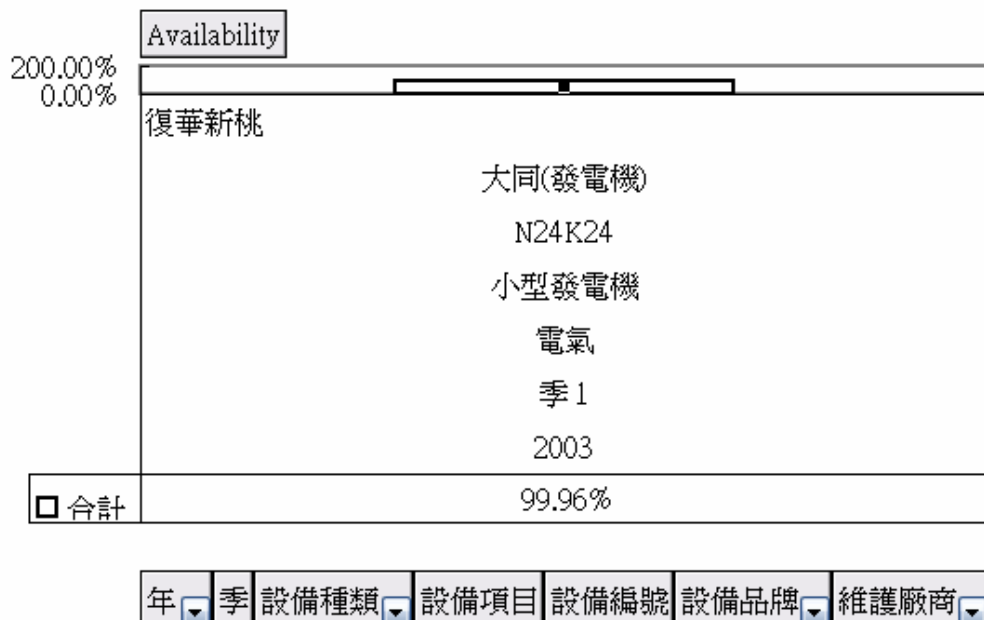


圖 83、以維護策略分析可用度績效

5.2.4 小結

根據個案的設備效能分析結果，設備年齡越高的設備，並未造成故障的頻繁，但其維護度較高，平均維護時間較久，容易造成使用者的不便。而設備品牌中大同的可靠度最差，維護度以大同（發電機）最差，可建議廠商改進設備缺點。而空調種類的設備因可靠度較差，較常發生故障的部位以管路居多，可建議維護廠商是否在維修管路時，更換品質較好的材料以延長其耐用年限。



第6章 結論與建議

6.1 結論

本研究以績效評估切入建築設備之維護管理，建構維護成本與設備性能的績效指標，目的在於瞭解維護績效的變化趨勢，為使維護過程兼顧經濟性與機能性，以相關影響因子來分析績效指標，找出影響績效的關鍵問題點並進行改善，整合整體資訊以提供維護管理者規劃參考做為資源及預算分配的依據。

而實務上資料的蒐集與查詢為績效評估成功的關鍵，將日常作業的資料轉換成對維護管理者有意義之資訊，如此才能發揮績效評估正確的衡量績效以利改進之目的，為了幫助更快速且有效率的決策分析，本資料倉儲系統針對績效指標的相關維護目標，利用 OLAP 伺服器支援多維度檢視的優點來建置各個 Cube，讓維護管理者依其決策上的需求，來找出重要的影響因子為何，彈性快速地取得所需資訊。

本系統有別於過去傳統式的資料庫系統，資料架構設計以支援決策查詢為目的，可節省大量且複雜的查詢語言設計，具有以下效益：

- 一、預先彙總資料可增加查詢的執行效能，快速回應決策時所需資訊
- 二、不需額外設計查詢條件，依決策需要即可彈性產生資訊
- 三、資料方體的儲存方式，支援多維度的資料分析觀點
- 四、可利用圖表分析工具達到視覺化資料展示

本研究在學術上貢獻為整理出與建築設備維護績效有關的績效指標與影響因子，以此為資料倉儲的設計基礎，加強維護管理者進行決策時查詢資料的速度。在實務應用上，本系統可提供業界在發展類似系統時有一參考模型，以節省建置系統前的設計時間。

6.2 後續研究建議

本研究過程中有幾項心得，希望藉此提供後續研究的相關領域，或實務上在導入資料倉儲時的幾點建議：

- 一、建築設備維護上對於績效管理此領域的相關研究較少，有礙於績效衡量與制訂維護策略，因績效評估為回饋式的系統流程，應持續改善建築設備維護的績效指標與影響因素，以發展更成熟的維護制度與策略。
- 二、公家機關由於受相關法規所規範，對於決策支援系統的使用將會有所限制，未來盼望能在行政執行權上有更大的彈性，讓維護管理人員能更客觀的改善維護績效。
- 三、業界對於資料庫的建置與使用尚未普遍，影響資料的蒐集與再利用，若能加強建築設備維護作業資料庫的建立，利用電子化的效益帶動維護績效，如此應可提高設備維護效率與品質。
- 四、在資料蒐集方面，由於維護工程師通常業務較為繁忙，故可考慮利用無線射頻辨識系統（RFID）配合智慧型行動裝置（PDA），以幫助維護工程師快速辨識設備編號，並記錄維護過程的作業資訊，甚至可與本資料倉儲配合，以支援現場作業決策時調閱相關重要資訊。

參考文獻

【中文部分】

- 【1】 張宏維，建築管理法規概論，六合出版社，1996
- 【2】 建築技術規則-建築設備篇；彰國出版社，2000
- 【3】 賴榮平，「公家機構辦公建築自動化及設備更新準則之訂定」，研究報告，內政部建築研究所籌備處，1993
- 【4】 張柏超，「集合住宅生命週期前期之修繕模式--以建設公司之售後修繕服務為例」，國立台灣科技大學建築研究所，碩士論文，2003
- 【5】 黃世孟、郭斯傑及周鼎金，「各級學校校舍維護管理參考作業手冊」，教育部，研究報告，2002
- 【6】 王雅慧，大學實驗型教學校舍生命週期成本分析—著重營運維護管理階段，國立台灣大學土木工程研究所，碩士論文，2005
- 【7】 王雅慧、郭斯傑，「校園建築維護管理模式及建物維修履歷表之研究」，中華民國建築學會第16屆建築研究成果發表會，2004。
- 【8】 洪子茵，台北市集合住宅管理維護模式之研究，國立政治大學地政所，碩士論文，2001
- 【9】 溫琇玲，物業管理以人本為依歸，營建知訓，NO.288，P44-49，2007
- 【10】 劉明國，建築物用途別之分類研究及建築物之使用管理，中華民國建築學會，台北，1987
- 【11】 鄭達才，設備維護管理-現在與未來，中國生產力中心，2000年5月
- 【12】 江俊謀，公共工程執行績效評估制度與考評指標之研究，國立台灣工業技術學院營建工程研究所碩士論文，1997年7月。

- 【13】 李建華、方文寶，企業績效評理論與實務，清華管理科學圖書公司出版，台北，1996
- 【14】 張金輝，承包商執行專案工程績效評估之研究，台灣科技大學營建工程所，2002
- 【15】 蘇雄義 譯，Edith Simchi-Levi 著，供應鏈之設計與管理，麥格羅希爾出版，台北，2003
- 【16】 林偉仁，設備維護管理系統與生產製造績效之關係探討，中央大學企業管理所，碩士論文，2005
- 【17】 張保隆、陳文賢、蔣明坤、姜齊、盧昆宏、王瑞琛，生產管理，華泰書局出版，台北，1997
- 【18】 林恬宇，設備維護系統設計-維護策略與週期之訂定，中原大學工業工程所，碩士論文，1996
- 【19】 徐春福，公寓大廈共用部分機電設備維護費用支出之研究-以台中市為例，中華大學科技管理研究所，碩士論文，2002
- 【20】 尤建國，應用基因演算法及馬可夫鏈於建築設備維護策略最佳化之研究，成功大學土木工程所，碩士論文，2006
- 【21】 王建翔，住宅電氣設備健康檢查之研究，成功大學建築研究所，碩士論文，2002
- 【22】 張紫瑩，醫院建築維護成本之研究-以台大醫院為例，國立台灣大學土木工程所，碩士論文，2005
- 【23】 英孚美，「善用資料倉儲工具」，網際先鋒，第 77 期，第 121~124 頁，2000。
- 【24】 吳妹蓓，「商業智慧的應用面向與成功導入關鍵要素」，電子化企業經理人報告，2002 年 4 月，第 12-22 頁。
- 【25】 陳朝智，「化資料為決策、商業智慧點石成金」，資訊與電腦，第 258 期，第 16~23 頁，2002

- 【26】 李長宴，台中市市政服務績效之指標建構與評估之研究—警政服務績效個案研究。私立東海大學公共行政研究所碩士論文，1992
- 【27】 簡輝彥，設備資訊及維護管理系統之功能探討與設計，碩士論文，國立台北科技大學生產系統工程與管理研究所，台北，2002。
- 【28】 英孚美，「善用資料倉儲工具」，網際先鋒，第 77 期，第 121~124 頁，中華民國 89 年，www.hope.com.tw。

【外文部分】

- 【1】 柳瀨正敏，「建物情報とファシリティマネジメント」，鹿島出版会。
- 【2】 井上宇市等，建築設備の維持保全と劣化診断，財團法人經濟調查會，1995
- 【3】 中井重行主編，設備管理，書泉出版社，1989 年 1 月
- 【4】 中野今次郎，如何達成零保養-計畫保養的推行方法，日本設備維護協會，2002
- 【5】 社團法人 建築設備維持保全推進協會，建築軀體、部材、設備等の耐用年數調查，1999。
- 【6】 Adelman, Sid and Moss, Larissa Terpeluk, “Data Warehouse Project Management,” Addison-Wesley, N.J., 2000.
- 【7】 Berson, Alex and Smith, Stephen J., “Data Warehousing, Data Mining & OLAP,” McGraw-Hill Companies, New York, 1997.
- 【8】 Chaudhuri, S. and Dayal, U., “An Overview of Data Warehousing and OLAP Technology,” ACM SIGMOD Record, Vol. 26, No. 1, pp. 65-74, 1997.
- 【9】 Chorleywood Consulting, “The Manul of Implementing Data Warehousing and Data Mining for Telcos. Chorleywood Consulting Ltd,” 1997.
- 【10】 Daniel, T., “What is a CMMS, and Why Should You Care? ,” EC&M, March

1998,pp.42-46.

- 【11】 DuPont, "Maintenance Management Principles", 1995.
- 【12】 Duquette, D. J., and Stowe, A. M., "A performance measurement model for the office of inspector general," Government Accountants, summer, pp. 27-50, 1993.
- 【13】 Elmasri, R. and Navathe, S. B., "*Fundamentals of Database System, USA:* Addison-Wesley," Third Ed., 2000.
- 【14】 Finnimore, "Measuring police performance," Management Services, Vol. 37 No.11, pp.12-14, 1993.
- 【15】 Han, J. and Kamber, M., "*Data Mining: Concepts and Techniques*, San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers," 2000.
- 【16】 Han, Jiawei and Kamber, Micheline, "*Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann," 2001.
- 【17】 Hoven, J. V. D., "Data Warehousing: Bringing It All Together," Information System Management, Vol.15 Issue 2, pp. 92-95, 1998.
- 【18】 Inmon, W. H., *Building the Data Warehouse*, New York: John Wiley & Sons, 1993.
- 【19】 Jeffrey, L. Whitten, Bentley, Lonnie D., and Dittman, Kevin C., "System Analysis and Design Methods," Mc Graw Hill, New York, 2002.
- 【20】 Kimball, R., Reeves, L., Ross, M., and Thornthwaite, W., "The Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing, and Deploying Data Warehouses," John Wiley & Sons, N.Y., 1998.
- 【21】 Kuwaiti, M.E. and Kay, John, M., "The role of performance measurement," "International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20 No.12, 2000, pp.1411-1426, 2000.

- 【22】 Lie, C. H. and Chun, Y. H., “An Algorithm for Preventive Maintenance Policy,” IEEE Transactions on Reliability, Vol. R-35, NO.1. , 1986
- 【23】 Ottoman, Gregory R.,”Budgeting for Facility Maintenance and Repair. I: Methods and Models.”, Journal of Management In Engineering, Volume 15, Issue 4, pp. 71-83, 1999.
- 【24】 Pintelon, L., and Van, Wassenhove, L. N., "A Maintenance Management Tool,” OMEGA, Vol.18, pp.59-70, 1990.
- 【25】 Ponniah, Paulraj, “Data Warehousing Fundamentals: A comprehensive Guide for IT Professionals,” John Wiley & Sons, Inc, Canada, 2001.
- 【26】 Shear, Mel A., “Handbook of Building Maintenance Management, Reston Publishing Company,” U.S., 1983
- 【27】 Shohet, Igal M. “Key Performance Indicators for Strategic Healthcare Facilities Maintenance”, Journal of Management In Engineering, Volume 132, Issue 4, pp. 345-352, 2006
- 【28】 Ting, D., “Computerized Maintenance Management System,” Safety and Health Technology Development, Center for Environmental, 2001.
- 【29】 Uhlik, Felix T. and Hinze, Jimmie (1998). “Trends in the construction needs of hospital facilities.” *Journal of Architectural Engineering*, 4(4),132-134

附錄-資料綱要之維度資料表欄位命名

一、建物

管理單位(Administer)

層級描述	資料型別	欄位名稱
管理單位編號	Char	AdminID
管理單位	Char	Admin

建物類型(Building Type)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備編號	Char	EquipID
管理單位編號	Char	AdminID
建物類型編號	Char	BuildType ID
建物類型	Char	BuildType

二、設備類型

設備種類(Equipment Type)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備種類編號	Char	EquipTypeID
設備種類	Char	EquipType

設備項目(Equipment Item)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備編號	Char	EquipID
設備種類編號	Char	EquipTypeID
設備項目編號	Char	EquipItemID
設備項目	Char	EquipItem

三、品牌規格

設備品牌(Equipment Vendor)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備品牌編號	Char	EquipVendorID
設備品牌	Char	EquipVendor

設備規格(Equipment)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備編號	Char	EquipID
設備規格	Char	EquipSpecifics
設備品牌編號	Char	EquipVendorID

四、設備壽命

設備壽命(Equipment Age)

層級描述	資料型別	欄位名稱
設備編號	Char	EquipID
設備年齡	Char	EquipAge

五、維護策略

維護合約(Contract)

層級描述	資料型別	欄位名稱
維護案號編號	Char	ContractID
保養制度	Char	MaintenMech
維護廠商編號	Char	MaintenFirmID
維護週期編號	Char	PmPeriodID

維護廠商(Maintenance Firm)

層級描述	資料型別	欄位名稱
維護廠商編號	Char	MaintenFirmID
維護廠商	Char	MaintenFirm

維護週期(PM Period)

層級描述	資料型別	欄位名稱
維護週期編號	Char	PmPeriodID
維護週期	Month	PmPeriod

六、維修保養

劣化部位(Deteriorated Part)

層級描述	資料型別	欄位名稱
劣化部位編號	Char	DeterPartID
故障要因	Char	DeterPart

劣化要因(Deteriorated Cause)

層級描述	資料型別	欄位名稱
劣化要因編號	Char	DeterCauseID
劣化部位編號	Char	DeterPartID
劣化要因	Char	DeterCause

維修處理(Repair)

層級描述	資料型別	欄位名稱
維修處理編號	Char	Repair ID
劣化要因編號	Char	DeterCauseID
維修處理	Char	Repair

維修紀錄(Record)

層級描述	資料型別	欄位名稱
紀錄編號	Char	RecordID
維修處理編號	Char	Repair ID
劣化要因編號	Char	DeterCauseID

七、時間

時間(Time)

層級描述	資料型別	欄位名稱
日期編號	Char	DateID
日期	Date	Date
月份	Date	Month
年份	Date	Year

