

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

內政部建築研究所協同研究計畫報告

108

年度

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪 管理及操作模擬研究

成果報告

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 108 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

計畫編號：10815B0005

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪 管理及操作模擬研究

成果報告

研究主持人： 蔡綽芳

協同主持人： 廖朝軒

研 究 員： 蔡欣遠、白櫻芳、賴深江、陳柏端

研 究 助 理： 黃偉民、劉立群

內政部建築研究所協同研究計畫報告

中華民國 108 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法與步驟	3
第三節 小結	13
第二章 文獻蒐集與分析探討	15
第一節 國內雨水貯集系統相關研究	15
第二節 國內雨水貯集系統相關法令與技術規範	19
第三節 都市雨水逕流抑制對策	22
第四節 國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻	24
第五節 國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況	30
第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議	33
第一節 互聯網路相關案例蒐集分析及智慧雨水貯集系統架構設計	33
第二節 建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關	

設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及 遴選之建議.....	41
第三節 研提智慧雨水貯集系統應用服務層之使用端 需求項目及相關內容.....	65
第四章 建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式 建立與模擬分析	69
第一節 建築物雨水貯集系統智慧化之降雨預測方法 與模擬分析.....	69
第二節 建築物雨水貯集系統智慧化之雨水排放操作 機制研擬.....	82
第三節 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模 式建立與分析探討	85
第四節 示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作	94
第五章 結論與建議	99
第一節 結論	99
第二節 建議	101
附錄一 審查會議.....	103
附錄二 工作會議.....	125
附錄三 專家諮詢會議	129
參考書目	145

表 次

表 1-1、網路通訊技術相關資訊彙整表	6
表 2-1、國內雨水貯集系統之相關法令與技術規範.....	19
表 2-2、不同廠商物聯網服務平台彙整表.....	31
表 2-3、不同電信商物聯網服務平台彙整表.....	32
表 3-1、國內外互聯網路相關案例彙整表.....	33
表 3-2、建築物雨水貯集系統之儲水槽滯洪排水設計方法比較表	37
表 3-3、LPWAN 通訊技術相關資訊彙整表	40
表 3-4、感測設備之水位計相關設備彙整表.....	43
表 3-5、感測設備之流量計相關設備彙整表.....	46
表 3-6、感測設備之雨量計相關設備彙整表.....	49
表 3-7、感測設備之泵浦相關設備彙整表.....	52
表 3-8、感測設備之水位計型式差異性比較表.....	59
表 3-9、感測設備之流量計型式差異性比較表.....	61
表 3-10、感測設備之雨量計型式差異性比較表.....	64
表 4-1、雷達降雨量預測方法彙整表	70
表 4-2、降雨量預測方法比較表	72
表 4-3、雨水貯集設計容量 $0.045\text{m}^3/\text{m}^2$ 之累積雨量與時間關係表	79
表 4-4、雨水貯集設計容量 $0.078\text{m}^3/\text{m}^2$ 之累積雨量與時間關係表	80

表 4-5、滯洪孔徑與水頭差之敏感度分析.....	83
表 4-6、馬力與揚程之敏感度分析	84
表 4-7、設計案例之相關地文參數	88
表 4-8、設計案例之地面式智慧雨洪管理模擬成果比較表	90
表 4-9、設計案例之地面式智慧雨洪管理模擬成果圖	91
表 4-10、設計案例之地下式智慧雨洪管理模擬成果比較表	92
表 4-11、設計案例之地下式智慧雨洪管理模擬成果圖	93
表 4-12、示範案例地文參數彙整表	94
表 4-13、示範案例規範之設計容量及允許排放量.....	94
表 4-14、示範案例雨水儲水槽及泵浦相關參數.....	96
表 4-15、示範案例平均效益彙整表	98

圖 次

圖 1-1、雨水貯集系統之物聯網通訊控制系統架構示意圖 ..	4
圖 1-2、中央氣象局正式發布定量降水預報說明圖	5
圖 1-3、各類水位計產品設備示意圖(a)壓力式(b)超音波(c)雷達波(d)浮球式	6
圖 1-4、應用設備示意圖 (a)平面顯示板 (b) LED 顯示器 ..	7
圖 1-5、智慧化雨水貯集系統使用端介面示意圖	8
圖 1-6、智慧化雨水貯集系統防災預警燈號示意圖	9
圖 1-7、雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建置規劃流程圖	10
圖 1-8、研究流程圖	11
圖 1-9、研究進度甘地圖	12
圖 2-1、雷達模式示意圖	25
圖 2-2、模糊預測模式示意圖	27
圖 2-3、類神經網路模式示意圖	28
圖 2-4、灰色理論模式示意圖	30
圖 3-1、互聯網路之智慧應用架構圖	36
圖 3-2、傳統建築物雨水貯集系統之地面型與地下型儲水槽示意圖	36
圖 3-3、建築物雨水貯集系統智慧化之地面型系統配置示意圖	38
圖 3-4、建築物雨水貯集系統智慧化之地下型系統配置示意圖	38

圖 3-5、建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理設計架構圖	39
圖 3-6、智慧雨水貯集系統應用服務層之民眾使用端介面示意圖	66
圖 3-7、智慧雨水貯集系統應用服務層之維護管理端介面示意圖	67
圖 4-1、灰色理論預測示意圖	74
圖 4-2、供水標的地面式智慧雨洪管理(滯洪孔重力排放)模擬模式流程圖	86
圖 4-3、滯洪標的地下式智慧雨洪管理(泵浦機械抽排)模擬模式流程圖	87
圖 4-4、設計案例之供水標的地面式雨水貯集系統設計示意圖	88
圖 4-5、設計案例之滯洪標的地下式雨水貯集系統設計示意圖	88
圖 4-6、台北市中山區一處新建工程之示範案例空照圖	94
圖 4-7、示範案例排水系統集水區分析圖.....	95
圖 4-8、示範案例泵浦性能曲線	96
圖 4-9、示範案例雨水貯集系統智慧化雨洪管理之感測層流程規劃架構圖	96
圖 4-10、示範案例原系統與智慧雨洪管理之洪峰削減率比較表	97
圖 4-11、示範案例原系統與智慧雨洪管理之總逕流體積削減率比較表	97
圖 4-12、示範案例原系統與智慧雨洪管理之蓄水率比較表	98

摘要

關鍵詞：雨水貯集、雨洪管理、智慧物聯網

一、研究緣起

近年來由於氣候變遷而造成集中豪雨的增加，並伴隨急劇發展的都市化和街道化，使得建築物和道路的不透水區域面積的不斷擴大，造成都市雨水排放流量增加而使得淹水事件頻繁，面對未來這種氣候變遷之不定性與都市化的發展，國內外眾多研究針對都市雨洪之問題提出解決辦法與相關對策。

自民國 102 年國內頒訂「建築技術規則建築設計施工編第四條之三」規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物需設置雨水貯集系統，已有大量建築物雨水貯集設施興建，然國內建築師在設計的時候常把雨水貯集系統之供水與防洪二功能分開設計，有許多實務界希望能將這兩種功能合併設計以達較佳效益；而本所於 107 年度計畫「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」完成研提建築物雨水貯集滯洪設施供水與防洪雙目標之設計型式與操作策略，透過創新設計手法將原貯水設施可兼具供水與防洪之功能，解決國內雨水貯集系統二功能分開設計之問題。另外，為提高現有建築物雨水貯集系統在都市雨洪控制的成效，強化其應用及加值效益，國內目前已開始逐步有相關產業，針對雨水貯集系統結合物聯網及雲端運算技術進行水質、水量及設施維護之監測管理，但國內目前尚未有一套完整的智慧雨水貯集系統設計架構供參考，且尚未有雨水貯集系統作為雨洪管理及操作並連結各相關數據之平台。

本研究案執行期程為十個月，爰引內政部建研所協同研究計畫需求說明。研究計畫旨為雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理架構設計與模擬模式建立，擬延續本所 107 年度計畫之雨水貯集系統雙目標（滯洪、供水）設計與操作策略成果，以及藉雨水貯集滯洪智慧物聯網操作管理系統之先期發展規劃成果作為基礎，將雨水貯集滯洪操作管理系統導入物聯網(IoT)架構進行設計，透過設備蒐集與遴選及降雨預測或預警的資訊連結，達成雨水貯集系統的智慧化雨洪操作機制，以及

完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，預期可為雨水貯集系統智慧化管理之發展及未來案例設置研究參考之重要範疇。

二、研究方法及過程

研究內容初步之 7 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 蒐集分析國內外物聯網通訊系統之案例及相關軟體發展現況；
2. 彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻；
3. 建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及遴選之建議，以及系統架構之設計；
4. 研提智慧雨水貯集系統使用端(如：民眾、維護管理端等)之需求項目及相關內容；
5. 探討降雨致災因子進而研擬建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制(如：排放時機、排放量等)，建立雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式；
6. 利用預報或預警資訊連結實際降雨進行系統模式模擬及修正檢討；
7. 綜整上述成果進行示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作。

三、重要發現

針對降雨量預測方法的比較，在空間尺度上，雷達預測雖有良好的降雨空間分布，但小基地需要透過程式的撰寫才能獲取特定網格區域的降雨預報資訊，而網格邊界條件問題亦會影響雷達預測模式演算；在時間尺度上，雷達預測提供最短的降雨時距之降雨量預報資料為 1 小時，較不適用於建築物或區域尺度的雨洪管理操作；另外，雷達、模糊理論、類神經網路三種降雨量預測方法的模式運算之輸入端需考慮許多降雨因子，然灰色理論降雨量預測方法僅需以單一變量進行預測，資料取得也較其他三種方法容易，並經多次專家諮詢會議討論，故本案選擇以灰色理論作為降雨預測方法。

本計畫將建築物雨水貯集系統智慧化之雨洪管理架構分為地面式與地下式兩種型式，其滯洪排水設計分別依排水量需求選擇適合的滯洪孔與泵浦進行裝設，

並結合互聯網路技術作資訊連結及操作指令，將透過降雨預警在降雨前將儲水槽內的水預先排出，保留空間作為滯洪空間，並透過設計案例與示範案例連結實際降雨而進行模擬，探討原系統與改造為智慧管理之差異。

設計案例成果顯示，智慧雨洪管理系統於降雨後有效減少總逕流體積，並達到較高的蓄水率，且泵浦的操作時間較原系統少，對於即時的防洪操作及後續的供水效益皆呈現較佳效益。示範案例藉初步遴選而選擇台北市中山區某新建工程之雨水貯集滯洪設施，進行系統架構之程序規劃而進行模式模擬操作，其模擬成果在洪峰削減率、逕流體積削減率、蓄水率及泵浦操作時間等效益評估指標皆優於原系統，其成果可做為未來案例進行實地裝設之驗證參考。

四、主要建議事項

建議一

智慧物聯網雨水貯集系統建構與示範點測試：短中期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本年度已完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，能夠及時掌控降雨情況並進行智慧排水，後續建議進行智慧貯水貯集系統之實際案例裝設並進行驗證，使建築物雨水貯集滯洪設施實施警戒操作，提高社區(建築)自主防災能力，提前針對豪大雨進行減災操作，減少都市淹水損失。

建議二

建立社區或區域尺度之智慧物聯網雨水貯集系統：長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

長期建議應強化其應用及加值效益，透過無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制進行整合，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化；進而將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理，提供主管機關研擬相關政策之參考及實務界設計之依據。

ABSTRACT

Keywords: rainwater storage, stormwater management, smart internet of things

1. Purpose of the research

In recent years, due to climate change, the number of heavy rainfall has increased dramatically. Also with the rapid development of urbanization, the impervious area due to buildings and roads construction has been continuously expanded which leads to increase urban stormwater discharge and frequent flooding. In face of the uncertainty of future climate change and urbanization development, many studies at domestic and abroad have tried to find the solutions and related policies to solve the urban stormwater problems.

With the issue of Article 4-3 in the Architectural Design and Construction section of Building Technical Regulations in 2013, which requires that rainwater harvesting systems should be installed in newly, expanded and renovated buildings in urban areas, a large number of rainwater storage facilities have been constructed. However, architects design the rainwater harvesting systems for water supply and stormwater detention separately. Many practitioners have proposed that rainwater harvesting systems should be designed collectively to increase the benefits of rainwater harvesting. In the year of 2018, this institute has initiated the project entitled “Design of Intelligent IoT Operation Management System for Rainwater Storage and Flood Detention for Innovative Buildings”. In the research, the design and operation strategies of rainwater water harvesting system for water supply and flood control objectives of building have been studied and developed. Through this innovative design, both functions of water supply and flood control can be considered collectively and improved the effectiveness of rainwater storage system in existing building. Furthermore, to improve the effectiveness of rainwater harvesting system in urban stormwater control and strengthen its value-added benefits, application of IoT and cloud computing technologies to monitor and

manage water quality, volume and maintenance of rainwater harvesting systems have been discussed and preliminarily studied. However, there is no smart rainwater harvesting system having been developed.

The purpose of this research is preliminary to develop the smart rainwater harvesting system and the research period is ten months. Through this research, the design and simulation a smart IoT operations management framework for rainwater harvesting system are developed which is linked to the results of the research in 2018. A smart rainwater operation mechanism and smart IoT operation management model for rainwater harvesting system include comparing and collection of relative IOT equipment and short-term rainfall forecasting model are developed. They will provide an important basic for the development of smart rainwater harvesting operation system for stormwater management.

2. Methodology and Procedures

Seven items are included in the research and are listed and explained as followings:

- (1) Collect and analyze the existed cases of IoT communication systems application in both domestic and foreign countries and theirs related software used
- (2) Collect rainfall forecasting model and disaster prevention warning methods in both domestic and foreign countries.
- (3) Collect and analysis the relative IOT equipment for rainwater harvesting system including sensors, communication systems, and gateway, etc. Compare and recommend the suitable equipment and the design of the system framework for smart rainwater harvesting system.
- (4) Propose the demand items and contents for the end users (such as general public, maintenance staffs, general managers, etc.) of the smart rainwater storage system
- (5) Explore the factors induced flood hazard and propose the flood disaster prevention warning mechanism and stormwater discharge operation mechanism (such as discharge time and volume) of rainwater harvesting system in buildings; and

establish the smart IoT operation management model of rainwater harvesting system.

- (6) Calibrate and modify the developed rainfall forecasting model using measured rainfall data.
- (7) Integrate the results obtained above and apply these results in the existing rainwater storage systems for demonstration in planning and model simulation.

3. Major findings

Respect to spatial scale, radar method for rainfall forecasting will obtain spatial rainfall distribution but grid boundary condition will affect the forecasting accuracy. For those of construction site which has small area compared to the grid size, a specified site need to develop a specified program to obtain the rainfall data. Respect to time scale, radar method for rainfall forecasting will provide rainfall data interval more than one hour which is not feasibility to the construct site scale for stormwater management. For those methods including Radar, Ffuzzy theory, and Artificial Neural Network methods for rainfall forecasting need more input data. On the other hand, Grey theory applied for rainfall forecasting is superior than three methods mentioned above and needs limited input data. Through discussions and consultations, this research recommends Grey theory as rainfall forecasting model in this research.

Smart rainwater harvesting system for stormwater management can be divided into two types: above ground and underground. The drainage system need to consider the discharge outlet for above ground type but pumping system for underground type. Both types need to combine with IOT system for data input and operation instructions. Rainfall forecasting model is to forecast the rainfall amount for specified time interval and check with the storage volume in the tank. If rainfall amount forecasted is greater than the storage available, water storage in the tank need to be released. This smart operation is used at the selected demonstration site and compared between conventional and smart operation of rainwater harvesting system. The results show that the smart

operation has dramatically reduced the total discharge volume, shortened the operation period of pump and increased the benefits of water supply. If indices including flood peak reduction rate, flood volume reduction rate, water storage ratio and time period of pump operation are used for performance evaluation, smart operation is superior than that of conventional operation.

4. Major recommendation items

Through this research, following recommendations are made for immediate to short-term and long-term period:

Recommendation 1

Establishment of building-scale smart rainwater harvesting system and field test:
immediate to short-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

This research has successfully developed the smart operation management model for rainwater harvesting system in building. This model can forecast rainfall advance for rainwater storage discharge operation. In the immediate to short-term, this model can be applied and examined using field sites to mitigate stormwater and reduce the flood damage in the urban areas.

Recommendation 2

Establishment of regional-scale smart rainwater harvesting system and field test:
short- to long-term

Organizer: Architecture and Building Research Institute, MOI

Co-organizer: Construction and Planning Agency, MOI.

For short – to long-term, the communication technology, cloud-based data operation,

data information platform, rainfall forecasting technology, AI and big-data analysis technology, etc. should be integrated and applied to regional scale such as community, district, and urban or county scale to effectively reduce stormwater discharge and flood damage. Also field test is required to improve the accuracy of smart rainwater harvesting systems in flood control.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

台灣在每年 11 月至次年的 4 月期間之枯水期，水庫常常面臨缺水之情況，須實施用水調配才得以減緩水庫缺水危機；然而在每年 5 月至 10 月間之豐水期，則是滂災頻繁，都市地區最常仰賴抽水站解決，但此非解決根本之法。建築物設置雨水貯集系統不但可提供建築物非飲用水之使用，還可降低都市降雨逕流體積與洪峰流量，能紓緩都市洪澇問題。

自民國 102 年國內頒訂「建築技術規則建築設計施工編第四條之三」規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物需設置雨水貯集系統，已有大量建築物雨水貯集設施興建，然而，國內建築師在設計的時候常把雨水貯集系統之供水與防洪二功能分開設計，有許多實務界希望能將這兩種功能合併設計以達較佳效益；本所於 107 年度計畫「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」完成研提建築物雨水貯集滯洪設施供水與防洪雙目標之設計型式與操作策略，透過創新設計手法將原貯水設施可兼具供水與防洪之功能，解決國內雨水貯集系統二功能分開設計之問題。另外，隨著網路發展及科技進步，運用物聯網及運端運算連結水資源相關技術，跨域與跨業合作，導入智慧管理工具來應變氣候變遷的影響，已為世界各國水資源政策的新思維。國內已開始逐步有相關產業，針對雨水貯集系統結合物聯網及雲端運算技術水質、水量及設施維護之監測管理，但國內目前國內尚未有一套完整的智慧雨水貯集系統設計架構供參考，且尚未有雨水貯集系統作為雨洪管理及操作並連結各相關數據之平台。

本研究預期在智慧雨水貯集系統架構與相關設施設備進行彙整與分析探討，研擬系統設計架構，並建立智慧物聯網操作管理模擬模式與模擬分析，擬定降雨預報資訊連結與智慧化滯洪排水操作機制，有效控制都市降雨，可做為未來建築物智慧雨水貯集系統設計之參考，可望成為都市雨洪管理的重要方法，解決目前

國內面臨的水資源問題。

貳、研究背景

近年來由於氣候變遷而造成集中豪雨的增加，並伴隨急劇發展的都市化和街道化，使得建築物和道路的不透水區域面積的不斷擴大，而造成都市雨水排放流量增加進而使得淹水事件頻繁，面對未來這種氣候變遷之不定性與都市化的發展，國內外眾多研究針對都市雨洪之問題提出解決辦法與相關對策。以往雨洪管理只靠著末端設置滯洪池來緩衝，並未將雨水貯集系統列入考慮範圍；傳統處理都市雨洪的方法是以末端控管雨水(End-of-the-Pipe Control)，但是此方法較耗費土地及管理維護之資金浪費，集水區內的雨水也較不易掌控，還有大型滯洪池底部淤積的種種問題。現今提倡的雨洪管理的方法，則是以源頭控管雨水(Source Control)來取代傳統的方法，雨洪管理不僅僅在集水區的最末端，而是由一個小鎮、或一個社區、亦或是一棟建築物來實行，這樣不但減少土地與資金的浪費，維護方面比較容易，收集的雨水也利於管理，更能達到雨洪管理的理想目標。建築物實施雨水貯集是源頭控管的方法之一，雨水貯集系統可將降雨在屋頂上的雨水及建築物立面的雨水收集貯存，有效地控制落在建築物上的雨水，減少都市內的雨水逕流，而達到減緩都市洪患壓力及排水負荷之目的。

國內建築技術規則建築設計施工編第四條之三規定都市計畫地區新建、增建或改建之建築物需設置雨水貯集系統，係因應這方面的發展而訂定。部分縣市政府也因應這項發展，除增加雨水貯集滯洪容量標準外，亦頒訂相關設計參考手冊並通過地方自治條例，以有效推動建築物設置雨水貯集系統，減少都市豪大降雨造成的淹水損失。然國內建築師在設計的時候常把雨水供水與防洪二功能分開設計，有許多實務界希望能將這兩種功能合併設計以達較佳效益；本所於 107 年度計畫「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」完成研提建築物雨水貯集滯洪設施供水與防洪雙目標之設計型式與操作策略，透過創新設計手法將原貯水設施可兼具供水與防洪之功能，解決國內雨水貯集系統二功能分開設計之問題。另外，為提高現有建築物雨水貯集滯洪設施在都市雨洪控制的成效，強化其應用及加值效益，能夠及時掌控降雨情況與系統現地資訊，進行建築物雨

水貯集系統操作，提高社區(建築)自主防災能力，提前針對豪大雨進行減災操作，減少都市淹水損失。近年來，透過開放性網路共同協作平台及時運作與及時訊息傳輸網路的建置等智慧防災技術已成為國際趨勢。故善用無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化。未來可以將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理。

有鑑於前述都市雨洪管理的發展趨勢，建築物雨水貯集系統係為未來都市水資源控制與管理的一個重要項目，如何增進雨水貯集系統對於都市防洪及管理層面之效益，針對系統精進的創新設計及巨量相關資訊連結實屬必然，故藉本次科技計畫「建築與城鄉安全防災韌性科技發展計畫(二)」作「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」，其成果可做為未來都市雨洪管理之重要範疇。

第二節 研究方法與步驟

爰引內政部建築研究所協同研究計畫需求說明研究內容，將研究案之工作項目如下：

研究內容初步之 7 項研究內容，研究案之工作項目如下：

1. 蒐集分析國內外物聯網通訊系統之案例及相關軟體發展現況；
2. 彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻；
3. 建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及遴選之建議，以及系統架構之設計；
4. 研提智慧雨水貯集系統使用端(如：民眾、維護管理端等)之需求項目及相關內容；
5. 探討降雨致災因子進而研擬建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制(如：排放時機、排放量等)，建立雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式；
6. 利用預報或預警資訊連結實際降雨進行系統模式模擬及修正檢討；
7. 綜整上述成果進行示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作。

以下則依據工作項目分述採用之研究方法：

壹、彙整分析國內外物聯網通訊系統之案例及相關軟體發展現況

本計畫擬收集國內外物聯網通訊之系統架構與相關案例，以及應用軟體發展之現況進行探討，其研究方法概述如下：

1. 文獻收集—透過國內外期刊與研究發表之文獻、相關案例及國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，以及物聯網路相關軟體發展的現況作探討，並研究分析雨水貯集系統整合智慧物聯網的操作應用之方法，其雨水貯集系統之物聯網通訊控制系統架構如圖 1-1 示意。
2. 專家、產業技術諮詢及調查—主要針對國內不同型式之建築物雨水貯集滯洪設施案例之運作情形、遭遇困難、滯洪排水操作情況及智慧物聯網整合相關技術之建議事項等進行專家諮詢並邀請專家參與座談會。

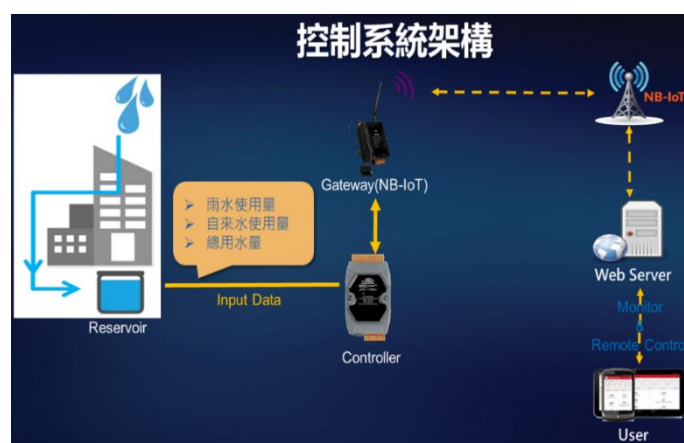


圖 1-1、雨水貯集系統之物聯網通訊控制系統架構示意圖

（資料來源：本研究蒐集彙整）

貳、彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻

1. 文獻收集—透過國內外期刊與研究發表之文獻、相關計劃案研究成果進行蒐集彙整，以及蒐集中央氣象局開放平台定量降雨預報格點資料，其定量降水預報說明如圖 1-2 所示。
2. 資料分析—針對文獻及相關資料進行初步彙整，探討國內外各種降雨預

報及防災預警方式對於後續智慧化雨水貯集系統整合之適用性及優缺點等，並藉由歷史資料歸納，為考量降雨強度、累積雨量與桶槽滯洪效益的關係，訂定桶槽雨量警戒值，依據排放等級給定警戒燈號，以作為後續智慧物聯網雨水貯集操作管理系統之參考依據。

3. 專家技術諮詢及調查—主要針對國內外降雨預報及防災預警方式實際使用情形與資訊連結面臨的問題，以及智慧物聯網整合相關技術之建議事項等進行專家諮詢並邀請專家參與座談會。

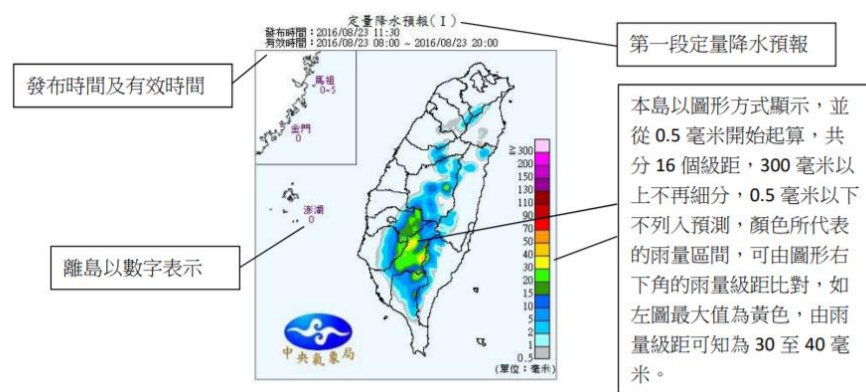


圖 1-2、中央氣象局正式發布定量降水預報說明圖

(資料來源：中央氣象局)

參、建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及遴選之建議，以及系統架構之設計

智慧雨洪管理系統於物聯網在概念上可分為三層架構，由底層至上層分別為感測層、網路層與應用服務層。本研究針對建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備進行蒐集並對其規格、型式、相容性及適用性等進行彙整分類，各層架構說明及其運用的設備可分述如下：

1. 感測層—主要用來識別、感測與控制當下最末端的各種狀態，例如：流量、水位、雨量、抽水量…等，接著，這些資料定期會經由感測裝置上的通訊晶片，利用有線傳輸或感測區域網路的天線與無線存取點傳遞至現場控制器或電腦設備，透過水位、流量警報系統，及遠端或現場的控制，有效的立即進行抽、排水之控制。其運用的相關設備，如：水位計(壓力

式、超音波、雷達波、浮球式...等，如圖 1-3 示意)、流量計(智慧水錶)、雨量計、幫浦、自動控制器...等。

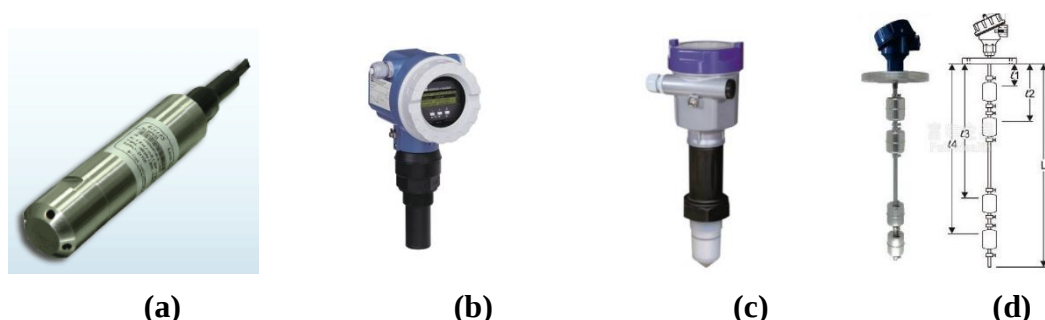


圖 1-3、各類水位計產品設備示意圖(a)壓力式(b)超音波(c)雷達波(d)浮球式
(資料來源：本研究蒐集彙整)

2. 網路層—網路層的目的除了將感測資訊傳遞至應用層的應用系統外，也可用於獲取其他領域相關的氣象雷達資料或地形地貌資訊，進行雲端運算，迅速的將資料計算成果傳遞給感測層中的各項感測儀器，進行防洪排水操作，使狀況尚未發生前就已經處理完畢，達到建築物自動化雨洪管理效果。其運用的相關資訊媒介，如：網路通訊技術(NB-IoT、LoRa、Sigfox...等，其網路通訊技術協定相關資訊彙整如表 1-1 所示)、網路閘道器、數據收集伺服器...等。

表 1-1、網路通訊技術相關資訊彙整表

技術協定	主要推動	成立時間	目前佈建國家	基站連接數目	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度	技術範疇	發展情況
SIGFOX	Singfox	2009	17	100萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:10KM 郊區:50KM	100kbps	終端設備至前端應用	已發展
LoRaWAN	IBM/Cisco	2015	12	25萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:3~5KM 郊區:15KM	300bps~50kbps	通訊協定	已發展
NB-IoT	3GPP	2016	NA	10萬個	GSM or LTE Band	20KM	~50kbps	通訊協定	起步最慢但生態鏈最完整

(資料來源：本研究蒐集彙整)

3. 應用層—應用服務層係結合各種資料分析技術，以及各系統之間的重新整合，將數據化的資料以圖形、表格、投影的方式呈現給相關部門之管

理人員及民眾，除了可以進行人為的判斷及操作，必要時也可進行緊急疏散通知，提高突發事件的反應速度和處理能力。此層面乃將所有數據整合模擬後，依使用者需求作適當的修正設計，呈現出有效的資訊成果，以達到監控管理的目的。其運用的相關設備與資訊呈現方式，如：平面顯示板、LED 顯示器、手機 App 程式、網路服務平台...等。



圖 1-4、應用設備示意圖 (a)平面顯示板 (b) LED 顯示器
(資料來源：本研究蒐集彙整)

肆、研提智慧雨水貯集系統使用端(如：民眾、維護管理端等)之需求項目及相關內容

本研究將研提智慧化雨水貯集系統使用端之需求項目及相關內容，初步分為民眾使用端及維護管理端兩個部分，依其需求項目及相關內容說明如下：

1. 民眾使用端—主要係透過智慧化雨水貯集系統使用端介面增加大眾對雨水貯集系統及都市水資源管理之認知。主要需呈現的項目包含即時雨水貯集量(即時水位資訊)、雨水用水量、自來水補給量、水質資訊、降雨預警資訊、計畫排水量等。
2. 維護管理端—主要係便於後端維護管理使用。主要需呈現除上述項目外，還包含系統設備數據資訊、資料傳輸錯誤警示、歷史數據統計資料庫、參數設定與校正等；如為區域性的維護管理端需各監測設備的定位地圖與大數據資料庫等。



圖 1-5、智慧化雨水貯集系統使用端介面示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

伍、探討降雨致災因子進而研擬建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制(如：排放時機、排放量等)，建立雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式

1. 探討降雨致災因子

根據 102 年經濟部水利署水利規劃試驗所研究指出降雨致災因子最主要為短延時強降雨（佔 35%，其中颱風 25%，未達颱風等級者為 10%），其次為夏季對流雨（27%），而鋒面雨（19%）居第三。本研究將探討分析各種降雨型態與降雨量，提出主要致災因子，如：高洪峰流量，並藉由雨水貯集系統雨水排放操作機制尋求解決之方法。

2. 防災預警及雨水排放操作機制

依排水量需求選擇適合的幫浦裝設於雨水貯集系統之貯水槽，可於透過預警系統在降雨前將貯水槽內的水預先抽排出，保留空間作為滯洪空間，待每場暴雨過後而進行宣洩，可大幅降低建築物造成的雨水逕流體積。本研究擬藉案例模擬在降雨事件前透過降雨預報或預警資訊連結，使幫浦抽排而預留滯洪空間，並分析其不同操作時機與排放量之差異，使雨水貯水槽抽排機制可於每場降雨前進行針對性降雨的滯洪空間預留操作，預計可獲得更佳的滯洪功效。

本研究防災預警係透過降雨預報或預警方式而進行資料運算，訂定雨水

排放操作機制，並結合物聯網及雲端運算技術作資訊連結及操作指令，本研究考慮降雨預測及預警方法說明如下：

- (1) 定量降雨預報—擬透過定量降雨預報格點資料取得，嘗試藉由水利署與荷蘭合作開發 FEWS_Taiwan 平台將資料轉換成所需資訊，提供多維度時間序列資料展示、分析處理功能。
- (2) 灰色預測—擬透過灰色系統預測模式作為短延時降雨之預測方式。灰色系統預測模式之主要特性為系統的運作中含有不完整之訊息或不確定之因素，即可視為「灰色系統」，灰色系統理論（Grey System theory）發展於 1982 年，灰色預報模型具備少量數據建模之優點，非常適合應用來建立雨量預報模式。
- (3) 降雨預警—擬透過歷史資料歸納，為考量降雨強度、累積雨量與桶槽滯洪效益的關係，分析降雨特性，找出短、長時間累積雨量對於桶槽水量抽排的影響，訂定桶槽雨量門檻值，依據排放等級給定警戒燈號其預警顯示方式如圖 1-6 示意。

雨水貯水槽體之 水位高度	小於40%	40%~80%	大於80%
預警顯示			

圖 1-6、智慧化雨水貯集系統防災預警燈號示意圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

3. 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建置規劃

本研究雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建置整體規劃流程包含預報資料轉換輸入、研擬操作模式、檢討修正、研提使用端介面及示範區操作模擬等，其工作項目說明及流程如圖 1-7 所示。



圖 1-7、雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建置規劃流程圖
(資料來源：本研究蒐集彙整)

陸、示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作

透過雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建置成果，遴選示範案例進行智慧化雨水貯集系統設置之程序規劃，包含設施設備遴選建議及流程架構規劃，進而做操作管理模式模擬模擬。其示範區案例遴選原則主要針對既有雨水貯集系統之設置可行性及水文條件進行評估，兩項考量要點進行說明，其說明如下。

1. 設置可行性—考量既有雨水貯集系統之系統型式、運作情況、有無積淹情形等。
2. 水文條件—為求雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理之模擬便利性與效益呈現，應考量個計畫區之水文條件，如：降雨型態、附近具雨量站者佳等。

本研究擬透過案例基本資料蒐集與調查、示範區案例用地需求及設置方式評估及方案研擬，遴選相關設施設備並擬定系統架構之程序流程作規劃設計，進而透過本研究管理模擬模式進行數值模擬操作。藉本研究示範案例之程序規劃與模式模擬操作之成果，可供未來其它案例做雨水貯集系統智慧化雨洪操作管理設置之參考。

依據工作項目與內容，本計畫之研究步驟如下圖 1-8 所示。

執行計畫流程



圖 1-8、研究流程圖

(資料來源：本計畫成果)

本年度研究進度甘地圖如圖 1-9 所示。

月 工作項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	備 註
蒐集分析國內外物聯網通訊系統之案例及相關軟體發展現況											
彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻											
建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及遴選之建議											
系統架構之設計及研提智慧雨水貯集系統使用端(如：民眾、維護管理端等)之需求項目及相關內容											
期中報告撰寫 (6/28 前繳交)											
探討降雨致災因子進而研擬建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制											
建立雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式											
利用預報或預警資訊連結實際降雨進行系統模式模擬及操作機制修正檢討											
示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作											
召開座談會											
期末報告撰寫 (10/15 前繳交)											
資料蒐集分析報告修訂及定稿 (12/10 前繳交)											
預定進度 (累積數)	6 %	14%	22%	36%	44%	50%	58%	72%	89%	100%	

圖 1-9、研究進度甘地圖

(資料來源：本計畫成果)

第三節 小結

依據本計畫之目的及研究內容，本計畫完成蒐集分析國內外物聯網通訊系統之案例及相關軟體發展現況、雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，以及彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻，並研擬系統設計架構與建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制，研提智慧雨水貯集系統使用端之需求項目及相關內容，進而完成建立雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式，並利用預報或預警資訊連結實際降雨進行示範案例之系統模式模擬及操作機制修正檢討。本計畫工作執行成果概略如下：

- 蒐集分析國內外物聯網通訊系統之案例；
- 蒐集國內外物聯網相關軟體發展現況；
- 彙整國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻；
- 降雨預報方法比較與選擇；
- 雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集；
- 研擬智慧雨水貯集系統設計架構；
- 研擬建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制；
- 研提智慧雨水貯集系統使用端之需求項目及相關內容；
- 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立；
- 示範案例系統模式模擬及操作機制修正檢討。

其它詳細執行成果與報告撰寫將分列於後面諸章節說明。

第二章 文獻蒐集與分析探討

本章主要針對本計畫之研究背景、目的及內容，本研究蒐集國內外研究現況及相關研究文獻進行回顧，彙整並進一步就下列五個面向：「國內雨水貯集系統相關研究」、「國內雨水貯集系統相關法令與技術規範」、「都市雨水逕流抑制對策」、「國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻」及「國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況」，茲分述如下：

第一節 國內雨水貯集系統相關研究

為更有效推動各機關、學校、民間及工業區設置雨水貯集系統，以充分有效利用水資源，政府及相關研究單位對有其設計或應用技術進行了相關之研究。其中包含內政部建築研究所 2018 年「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」，透過現有已完成之建築物雨水貯集滯洪設施案例收集與分析，探討目前建築物雨水貯集滯洪設施在設計及操作上存在的問題，並進行改造設計，透過長期降雨模擬分析，提出雨水貯集滯洪系統容量設計整合供水及滯洪功能的創新設計，進而初擬智慧物聯網系統而研提智慧雨洪管理系統應用流程，可做為未來建築物雨水貯集滯洪設施的新型設計的參考；內政部建築研究所 2017 年「雨水貯留設施系統設計與產品模組化技術探討」，彙整分析國內外雨水貯留利用設備產業及規範相關資料，提出適合於國內雨水貯留利用系統性模組包括產品標準、設計標準、設計方法及管理維護事項，期能提供建築師、規劃設計師、及廠商等有更廣泛、更多元之系統性模組供規劃設計選擇，其成果可作為日後推廣雨水貯留利用系統設施之重要參考資料；內政部建築研究所 2013 年「屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究」，該研究主要建立屋頂綠化澆灌需水量及入流量推估方法，並依照推估之成果建立國內屋頂綠化結合雨水貯集之容量計算模式及相關推估步驟；內政部建築研究所 2011 年「生態社區的雨水利用系統規劃技術研究」中，針對內政部建築研究所及其他單位相關報告、專家學者推薦之 12 個社區中選取 4 個社區進行現勘，並提出本土生態社區雨水相關問題。苗栗縣政府（SBIR）2014 年「綠屋頂整合雨水利用系統創新應用」，該研究報告於國立臺灣海洋大學河海工程學系二館屋頂建置一套的「屋頂綠化整合雨水貯集系統物理性

試驗平台」實驗分析屋頂綠化結合雨水貯集系統於澆灌之可行性分析；經濟部技術處 1997 年委託工業研究院能源與資源研究所進行「雨水貯留供水系統最適化利用技術報告」，該研究建立了雨水貯蓄供水系統可行性評估及最適化技術作業準則；江育銓 2015 年「區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略」，該論文針對雨水利用潛勢計算方式及容量設計提出一套算法，並對新北市透水城市提出雨洪管理策略；經濟部工業局 2011 年編撰「產業節水與水再生技術手冊」，該手冊針對老舊工業區之主要產業進行節水及水再生技術手冊彙編，手冊中主要針對於用水回收再利用及廢水回收再利用介紹較多，雨水貯留利用系統觀念較少；經濟部水資源局於 2000 年出版了「雨水貯留及中水道二元供水系統」應用手冊，手冊中對於屋頂雨水貯集供水系統及中水道二元供水系統利用觀念與設計步驟流程進行介紹；另外台灣雨水利用協會於 2002 年出版了「雨水利用參考指南」，手冊中對於屋頂雨水貯集供水系統概念及設計注意要點進行介紹；除此之外，經濟部水利署於 2004~2005 年對於澎湖、小琉球、金門與馬祖等離島地區進行離島地區雨水貯蓄利用規劃，並針對各離島之水文及地文等特性出版了「雨水利用規劃手冊」作為當地政府及民眾設置雨水利用設施參考；此外經濟部水利署於 2006 年委託財團法人工業技術研究院進行之「節水環境建構與推廣計畫」中對台灣地區各縣市之建築物、公園、綠地等土地使用分區進行雨水潛勢初步估算；經濟部水利署 2012 年委託社團法人中華民國低碳環境學會執行「雨水貯留系統評估工具建置計畫」中所建置的雨水評估工具，主要建置雨量站資料進以輸入雨量再進行模擬，而用水資料則是以分為室內與戶外用水，分別為馬桶沖洗用水以及澆灌用水；經濟部水利署水利規劃試驗所 2014 年「離島區域家戶二元供水系統推動計畫規劃-澎湖地區」中於澎湖地區之適宜地區推動二元供水系統，以提高水資源運用效率；對於國內雨水貯留應用之推廣大有助益。以下則針對其中重要報告成果進行說明：

1. 雨水貯留集中水道二元供水系統

經濟部水資源局於(2000)出版「雨水貯留及中水道二元供水系統應用手冊」，供建造雨水貯留供水系統部分包括概論、設計原則、雨水貯留供水系統維護與管理及設置實例介紹。應用手冊之設計原則係以屋頂集水為主，設施包括集水區域、

導管系統、初期雨水簡易處理系統、簡易過濾設備及貯水設施，手冊中並提供各縣市不同降雨效率係數之供水可靠度計算公式，以供參考。

2. 雨水利用參考指南

雨水利用參考指南（2002）係由台灣雨水利用協會所編撰，內容包含水資源利用危機，雨水貯集利用歷史發展、型式、規劃與設計原則及注意要點、雨水貯留供水系統維護與管理及設置實例介紹，可提供雨水貯集利用設置規劃之參考用。參考指南之設計原則係以屋頂集水為主，設施包括集水區域、導管系統、初期雨水簡易處理系統、簡易過濾設備及貯水設施，手冊中並提供雨水利用相關單位資訊，以供查詢參考用。

3. 屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究

國立臺灣海洋大學（2014）建立屋頂綠化澆灌需水量及入流量推估方法，並依照推估之成果建立國內屋頂綠化結合雨水貯集之容量計算模式及相關推估步驟。模式計算成果可繪出自來水替代率與設計儲蓄容量曲線，為選擇其提高每單位儲蓄容量可產生最高效率之設計儲蓄容量量效率為選擇設計儲蓄容量量之依據，並利用微分導數原理求效率設計點，導數探討函數的變化情形，依此尋找出最佳效率之設計儲蓄容量。

4. 生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

內政部建築研究（2011）所已提出 10 種社區雨水利用規劃技術，如屋頂雨水貯集系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合入滲系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合污水回收適用於既成社區、新社區，社區中有大型或公有建築物、學校及政府單位等；公路逕流收集系統適用於坡地社區；地形雨水截留適用於坡地社區；區域雨水應用適用於高需水量用水之社區，並具地形集水之潛勢；開闊地雨水收集適用於多數社區需增加雨水收集量；田間雨水貯留工程適用於鄉村社區與農村聚落；入滲廊道適用於濱海社區與霧氣收集系統適用於鄉村及開闊區域社區。

5. 區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略

目前國內外對雨水潛勢並無明確定義及共通性語言，故江育銓（2015）考慮建築物特性、水文、經濟及生態等因子將雨水潛勢定義為下列三類分別為：理論潛勢、可利用潛勢及環境可承受潛勢。作者並以全國為研究範圍，估算全國雨水潛勢；設置建築物雨水貯集系統最重要的組成在於貯蓄容量的設計，而貯蓄容量設計最主要影響因子為雨量資料，但並非每個區域內皆有具代表性雨量站資料，故造成貯蓄容量設計上相當大的困擾。本研究以台灣北部為研究範圍，建立區域雨水貯集系統貯蓄容量設計方法，考慮建築物需水量、有效集雨面積及降雨量等因子建立無因次貯蓄容量設計曲線；作者並針對新北市透水城市提出雨水利用之策略。

6.綠屋頂整合雨水利用系統創新應用

該研究計畫（2014）於國立臺灣海洋大學河海工程學系二館屋頂建置一套的「屋頂綠化整合雨水貯集系統物理性試驗平台」，以假儉草為例，以陶石改良介質層與蓄排水層，增加土壤通透氣與保水能力，並達到調整水質酸鹼度之功用。進而結合雨水貯集系統，收集雨水及澆灌溢流水，透過 UF 濾膜及碟片過濾器進行水質處理，並針對四個檢測點進行 10 項水質參數之檢測及監測收集水量。研究結果顯示，透過改良之介質層與蓄排水層達到良好的成效，過濾系統污染物處理皆可達到良好的水質標準，而且發現雨水利用系統能有效減少綠屋頂之需水量，減輕都市用水的壓力。

7.離島區域家戶二元供水系統推動計畫規劃-澎湖地區

該計畫（2014）主要在探討澎湖地區推動二元供水系統之可行性，以提高水資源運用效率，將水質要求較低的生活次級用水（如沖廁、澆灌）改由成本較低廉的再生水或雨水貯集加以替代，避免發生處理成本昂貴的海淡水作為生活次級用水的資源浪費情況，同時配合低碳島示範計畫，逐步達到水資源循環利用及低碳建設等水資源目標。

由上述的研究發現，國內對雨水利用的研究主要著重在雨水利用系統的規劃設計及可行性的探討，對雨水貯留利用系統的設施產品、產品規格標準、系統性的規劃及系統的維護管理方面較為欠缺；另外對於貯水容量的設計各家有提出不

同的計算方式與方法，而比較有代表性的計算方法有經濟部水利署與內政部營建署所發展的方法，其分別建置建築物雨水貯留系統的評估方法，內政部營建署提供貯水桶體積標準計算方法，計算方式較複雜。經濟部水利署計算公式較簡易，適合一般大眾使用，但其設計參數無從選擇也沒有需水情境選擇，且這二種方法在應用上都有其限制性，故提出一簡易且適用性較高的方法具有必要性。

第二節 國內雨水貯集系統相關法令與技術規範

國內有關雨水貯集系統之相關法令與技術規範依中央、台北市、新北市、桃園市、台中市、台南市及高雄市等六個直轄市政府之施作執行重點摘要內容分別彙整如下表 2-1 所示：

表 2-1、國內雨水貯集系統之相關法令與技術規範

法令與技術規範			內容
中央	1	建築技術規則 建築設計施工 編 102.01 修正	4-3 條 第一項設置之雨水貯集滯洪設施，其雨水貯集設計容量不得低於下列規定： 一、新建建築物：申請建築基地面積乘 $0.045(\text{m}^3/\text{m}^2)$ ； 二、新建、增建或改建：建築面積除以法定建蔽率後，再乘 $0.045(\text{m}^3/\text{m}^2)$ 。
	2	建築基地保水 設計技術規範 101.06	2.1 為改善土壤生態環境、調節環境氣候、降低區域洪峰、減少洪水發生率， 提供建築基地涵養雨水及貯留滲透雨水的設計標準。 2.2 本規範以代表建築基地涵養水分及貯留滲透雨水能力的基地保水指標 λ 為評估指標。 2.3 提供基地保水設計方法與施工標。
	3	建築物雨水貯 留利用設計技 術規範 101.06	建築物雨水貯留利用設施之雨水貯留利用率 R_c ，應大於建築技術規則建築設計施工編第三百十六條所訂之雨水貯留利用率基準值 R_{cc} ，同時其雨水儲水槽設計容積 V_s 必須大於最小雨水儲水槽容積 V_{sm} 。
	4	降雨逕流非點 源污染最佳管 理技術 (BMPs)手冊 102.09	第二條 雨水貯集系統之規劃原則如下： 一、以屋頂作為降雨收集區域。 二、每次降雨事件間貯存雨水之需求量、需求頻率、預期降雨體積及降雨頻率。 三、雨水水質與再利用標的。 四、貯槽位置考量景觀、建築物地基，並避免陽光直射，防止藻類滋生。 五、切勿連接自來水管線系統或共用貯槽。
	5	建築物設置透 水保水或滯洪 設施適用範圍 及容量標準 108.03	第四條 都市計畫地區建築物新建、改建基地面積超過三百平方公尺，應設置透水、保水或滯洪設施。 前項基地面積計算基準如下： 一、新建造之建築物或將原建築物全部拆除而重行建築之新建建築物，其基地面積依申請基地面積計算。 二、於原建築物增加面積之新建建築物，其基地面積以實際增

			加建築面積除以法定建蔽率計算。 三、改建建築物：基地面積以實際改建建築面積除以法定建蔽率計算。
直轄市	1	臺北市下水道管理自治條例 101.02	第九條 基地開發時，基地使用人應依排入雨水下水道逕流量標準，排放雨水逕流。 前項標準由市政府定之。 基地使用人對依第一項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。
	2	臺北市基地開發排入雨水下水道逕流標準 102.10	第四條 基地開發有下列各款情形之一者，其基地使用人應依本自治條例第九條規定設置雨水流出抑制設施： (1)建築物新建行為 (2)建築物改建行為 (3)增加建築物第一層樓地板面積行為 (4)其他經水利處認定之開發行為 第六條 基地開發增加之雨水逕流量，透過雨水流出抑制設施，應符合最小保水量及最大排放量。前項所指最小保水量以基地面積每平方公尺應貯留 0.078 立方公尺之雨水體積為計算基準；最大排放量以基地面積每平方公尺每秒鐘允許排放 0.0000173 立方公尺之雨水體積為計算基準。
	3	臺北市公共設施用地開發保水作業要點 95.07	五、前點公共設施用地之建築行為須送審建造執照或雜項執照者，由本府主管建築機關併入申請執照機制辦理；其餘案件由各公共設施用地開發主辦機關審查。 依前項送審時，需檢具下列文件： (一)公共設施用地開發保水評估總表。 (二)明確標示鋪面工法之用地配置平面圖。 (三)評估說明書、圖（內容包括評估過程相關面積、公式計算表）。
	4	臺北市公共設施用地開發保水設計技術規範 95.07	一、公共設施用地開發保水指標係指公共設施用地開發後之土地保水量與開發前自然土地之保水量之相對比值。 二、評估基準： 公共設施用地開發之保水指標計算值應依下式計算，其保水指標計算值 λ 必須大於基準值 λ_c
	5	臺北市市有新建建築物設置雨水回收再利用實施要點 94.10	四、本要點所稱雨水貯留利用率，指在建築基地內所設置雨水貯留設施之雨水利用量與建築物總用水量之比例。 五、市有新建建築物設置雨水貯留再利用系統，其設計之雨水貯留利用率，應參照建築技術規則建築設計施工編綠建築專章之相關規定；其管理維護計畫，應參照建築物雨水貯留設計技術規範。 六、市有新建建築物檢送雨水貯留再利用系統之送審資料，應符合建築技術規則建築設計施工編綠建築專章、建築物雨水貯留設計技術規範及建築技術規則建築設備編等相關規定。
	6	臺北市綠建築自治條例 103.11	第三條 (1)適用建築技術規則建築基地保水規定者，其建築基地保水設計指標應大於 0.55 與基地內應保留法定空地比率之乘積。 (2)總樓地板面積達五千平方公尺以上者，應設置雨水貯留利用系統或生活雜排水回收再利用系統。但建築物之使用用途為衛生醫療類者，不在此限。
	7	新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相	雨水貯留及涵養水分再利用相關設施之設置標準依下列各款規定辦理： (1)最小貯留量以建築申請基地面積乘以係數零點零八計算貯留體積(105.12)。 (2)允許放流量以建築申請基地面積乘以係數 0.000019 計算

	關設施申請作業規範 100.03	之。設計放流量範圍應介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。
8	新北市政府辦理公共設施用地開發透水保水實施要點 103.10	五、依前點規定應申請建造執照或雜項執照之建築物，其開發透水保水事項之審查，由本府工務局併入申請建造執照時辦理；本府地政局辦理之市地重劃及區段徵收案件，由本府水利局併入審查污水、雨水排水系統時辦理；其餘案件由各公共設施用地開發執行機關依本要點規定辦理。檢送前項開發透水保水事項時，應檢具下列文件： (一) 公共設施用地開發透水保水評估總表。 (二) 明確標示鋪面工法之用地配置平面圖及透水保水設施剖面圖。 (三) 評估說明書、圖（內容包括評估過程相關面積、公式計算表）。
9	新北市公共設施用地開發透水保水設計評估基準 102.09	一、公共設施用地開發透水保水指標為公共設施用地涵養雨水及貯留滲透雨水的性能標示，為公共設施用地開發後之土地透水保水量與開發前自然土地之透水保水量之相對比值。 二、評估基準： 公共設施用地開發之透水保水指標計算值應依下式計算，其透水保水指標計算值 λ 必須大於基準值 λ_c 。
10	新北市透水保水自治條例 105.12	第四條 本市各基地之間發，除有下列情形之一者外，應設置透水保水設施： 適用水土保持法開發之基地範圍。 興建基層面積小於三百三十平方公尺之農舍。 全年平均地下水位距離地表小於一公尺。 公共設施用地中之河道、港埠、上下水道、車行道路。 第八條 透水保水義務人對依都市計畫規定設置之透水保水相關雨水貯留設施，應負下列維護責任： (1)、達一定規模以上之貯留設施，每年於五月一日前至少一次委託專業技術團體維修、檢查，並維持正常運作，其有損壞或阻塞，應立即修繕及清淤。 (2) 於中央氣象局發布北部區域列入海上颱風警報警戒範圍或豪雨警報以上等級後，應自行檢查清淤，以維持功能
11	桃園市建築管理自治條例 105.12	第二十四條 本市都市計畫整體開發、都市更新、鄰近山坡地及低窪淹水潛勢地區，其申請建築基地或新建建築物之規模達本府公告標準者，應依建築技術規則規定設置雨水貯留利用系統及雨水貯集滯洪設施。
12	桃園市雨水下水道管理自治條例 106.01	第九條 基地開發時將產生之排水直接排入雨水下水道者，基地使用人應檢具排水計畫向水務局申請，經核定其排水量後，應依核定之排水量排放。 基地使用人對依前項規定而設置之相關流出抑制設施應負維護責任。 第一項之排水量應依雨水下水道逕流量標準核算；其標準另定之。
13	臺中市雨水下水道管理自治條例 102.10	第七條 建築基地開發時將產生之排放水直接排入公共雨水下水道者，應填具申請書檢附相關文件，向水利局申請，經同意並核定其排放水量後，依核定之排放水量排放。
14	臺南市設置雨水回收系統之	1. 最小雨水貯留量(m3) = 基地面積(m2) × 0.119(m)，其他法令另有規定者從其規定。 2. 檢核數值：雨水回收儲水槽容量 > 最小雨水貯留量。

	最小雨水貯留量評估標準 101.05	3. 須提出雨水回收之再利用計畫。 4. 雨水回收儲水槽平時須為空槽，不得以自來水滿補注，以備隨時儲存暴雨。
15	臺南市低碳城市自治條例第十八條規定應設置防洪或雨水貯留設施之建築行為規模 102.06	第三條 新建建築物且建築基地內無其他合法建築物者。依前點設置之雨水貯集滯洪設施，其雨水貯及設計容量不得低於下列規定： (1)建築基地面積 300 平方公尺以上未達 1000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.01(平方公尺/平方公尺) (2)建築基地面積 1000 平方公尺以上未達 2000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.02(平方公尺/平方公尺) (3) 建築基地面積 2000 平方公尺以上未達 3000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.03(平方公尺/平方公尺) (4)建築基地面積 3000 平方公尺以上未達 4000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.04(平方公尺/平方公尺) (5)建築基地面積達 4000 平方公尺者，以建築基地面積乘以 0.045(平方公尺/平方公尺)
16	高雄市綠建築自治條例 107.03	第四條 總樓地板面積八千平方公尺以上者，應設置雨水貯集設施。 第十四條 貯集容積應達新建、增建或改建之建築面積（平方公尺）乘以零點一三二（公尺）。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

第三節 都市雨水逕流抑制對策

建築基地開發後不透水區域擴大，往往是導致洪峰、逕流量增加而對區域排水系統或鄰近環境造成衝擊；因此對於建築基地新開發、改建或增建等，應要求控制開發後的過多逕流，故應以「零增量」觀點進行規劃，即以消減開發之「洪峰流量增量」、「逕流體積增量」為減洪目標。相對的既有之社區或建築基地，若改建、修建及增建行為而增加原基地之地表逕流量，應另以消減「增加之逕流量」為減洪目標，使之不超過既有之排水系統能力為規劃目標（資料來源：社區及建築基地減洪防洪成效評估模式及審議機制研究，內政部建築研究所，2013）。

目前國內建築基地開發所需之「雨水貯集量及允許排放流量」標準，主要依據內政部營建署「建築技術規則建築設計施工編，2012」之規定，其對策量建議「除建築基地面積三百平方公尺以下及未增加建築面積之增建或改建部分者外，應依規定，設置雨水貯集滯洪設施，其雨水貯集設計容量不得低於：(1)新建建築物且建築基地內無其他合法建築物者，以申請建築基地面積乘以 $0.045 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ；(2)建築基地內已有合法建築物者，以新建、增建或改建部分之建築面積除以法定

建蔽率後，再乘以 $0.045 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

內政部營建署「水環境低衝擊開發設施操作手冊編製與案例評估計畫，2015」成果中說明，都市防洪中，LID（低衝擊開發技術）設施係屬都市暴雨管理中之微處理設施，屬源頭控制之小尺度暴雨管理，故無法僅由 LID 設施負擔目標迴歸年降雨條件下削減暴雨逕流之責任，或取代原有排洪系統之功能；而其相關減洪措施之定位則可以是依據「某特定目標年下（如都市雨水下水道之設計基準 5 年重現期距）之部分負擔量」作為其減洪目標；其中技術設施之設計對策量應為回復開發前水文狀況，並進一步定義為：(1)已開發或破壞區域-以恢復短草或草原之土地利用型態為開發前狀況，及(2)未開發或仍保有良好植栽綠地區域-則以保持原有逕流特性為目標。

臺北市「雨水下水道逕流量標準及流出抑制設置設施原則，2012」，其最小滯留量及允許放流量計算訂定方式，係參考以日本「東京都雨水滯留・浸透設施技術指針」規範設計方法，以設計雨型及允許放流量為基礎建立規範。允許放流量應依水體承受系統而定，目前依 108 年 2 月 19 日公告之「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」，針對中央管區排水辦理土地開發利用或變更使用計畫，至增加中央管區域排水（以下簡稱排水）之逕流量者，應回歸其治理計畫標準，故允許放流量原則採既有下水道設施（抽水站）排放能力為依據。其中允許放流量設計主要基於二個觀點出發，一是土地開發時，開發人有義務將土地係數回歸到開發前狀態，其二是基於提高都市計畫區保全水準觀念，在下水道已完成情況下，藉由雨水貯集方式，提高區域保全水準；而既有下水道設施（抽水站）排放能力則成為雨水貯集規劃排放之放流限制。然都市計畫雨水下水道範圍內之開發，則應考量下水道系統承受能力，目前臺北市下水道及抽水站系統均以 5 年重現期降雨建立，故下水道（抽水站）最大容量當可視為設計之允許排放量。

新北市政府「新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」中規定，基地開發最小貯留量以建築申請基地面積乘以係數 $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 計算貯留體積；允許放流量則是以建築申請基地面積乘以係數 $0.000019 \text{ cms}/\text{m}^2$ 計算。設計放流量範圍介於 0.85 倍允許放流量及允許放流量之間。此外，

在新制（草案）上將參考新北市人口密集及較都市化之行政區，並以 5 年暴雨頻率分析結果（80mm/hr），以 1 小時零出流為主要目標值，作為新北市開發基地設置透水、保水及雨水貯留（再利用）等相關設施之依據；且基地開發最小貯留量以建築申請基地面積將可能提升至乘以係數 $0.08\text{m}^3/\text{m}^2$ 計算貯留體積。

而「林口台地排水檢討改善及滯洪池設置規劃報告書」成果指出，由於國內都市雨水下水道以 5 年頻率保護標準，故建議台灣北、中、南及東區域將以都市計畫區保護標準可由 5 年提升至 10 年、25 年或 50 年進行分析，然目前仍是以 5 年頻率保護標準為主。

內政部建築研究所「都市計畫通盤檢討減洪調適策略規劃手冊，2017」結合近年經濟部水利署、國家災害防救科技中心積極繪製之淹水潛勢圖資，及各縣市政府相關規劃圖資數位化之成果，整合水利評估模擬技術及空間規劃可行策略，引導從業人員透過資料調查與蒐集、圖資套疊及預測分析，在空間規劃內容中利用土地使用管理、開放空間系統設計等方法，進行減洪調適工作，可有效支援專業人員防洪減災規劃設計實務需求，也能強化都市計畫通盤檢討相關法規之落實執行，藉由結合政府及民眾力量，循序漸進共同建構永續生活城市，提升民眾居住安全及生活品質。

第四節 國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻

國內外常用的降雨預報及防災預警方法可分為雷達模式預測與統計預測，統計預測可分為模糊理論、類神經網路及灰色理論等方法，蒐集彙整成果如后：

1. 雷達模式

雷達模式預測主要為分布式的資料型態，具有空間分布的性質，資料格式以網格為主，如圖 2-1 所示，其相關研究文獻如下。

劉鎮銓(1999)以支撐向量回歸及幅狀基底函數類神經網路兩種模式，結合地面觀測雨量，修正 QPESUMS 雷達估計雨量，提升預測準確度。

楊明德、徐瑞宏(2013)以陳有蘭溪流預為例比較 QPESUMS 雷達降雨推估之雨量資料與傳統降雨空間雨量推估，利用反比權重法、克力金法、最小曲律法、

聯合克力金法進行推估，以雷達降雨推估較準確，並利用修正後雷達推估值預測未來三小時雨量，提供即時避難疏散參考。

林淵群(2016)將劇烈天氣監測系統 QPESUMS 雷達回波資料轉換為時間序列型式，搭配支援向量機建立四種不同氣候形態下最佳的雨區預報，以預測半小時內的效果最佳。

林士浩(2011)組合 QPF 定量降水預報及中尺度數值雨量預報 WRF (Weather Research and Forecasting Model)，將雨量預報時間自三小時延長至六小時，透過水利署 FEWS_Taiwan 平台資料交換技術，銜接即時校正模式，提供後續水文水理模式進行下游河川水位預報。

吳明璋、何瑞益(2015)結合定量降雨系集實驗及降雨特性類比法，並選用以地文為基礎之降雨逕流模式，推估濁水溪寶石橋、龍門橋與延平橋集水區未來1~6小時流量。

沈志全(2018)利用雷達觀測降雨量與地面雨量站資料，使用不同降雨資料來源，結合系集資料處理與模式整合技術，進行各流域雨逕流模式銜接與運算工作，並應用統計方式提供全台 26 條流域降雨量與水文量變化情況。

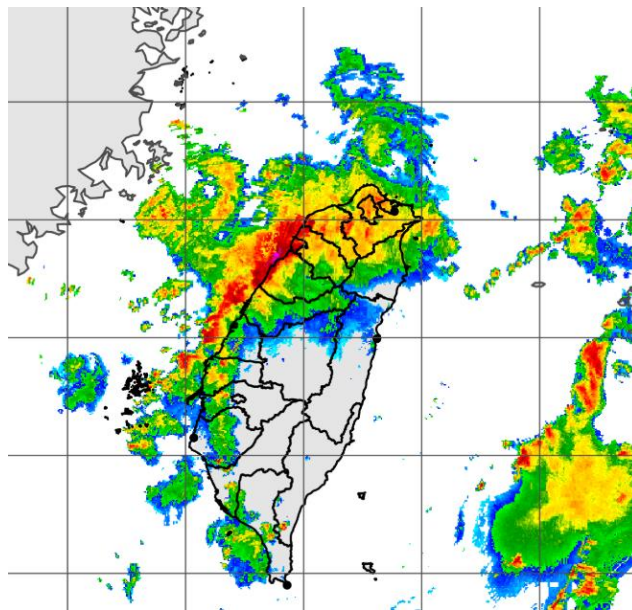


圖 2-1、雷達模式示意圖

(資料來源:中央氣象局)

2. 模糊理論

模糊理論預測模式概念主要將資料模糊化，建構資料的隸屬度函數，以時間序列推估未來的資料，如圖 2-2 所示，其相關研究文獻如下：

Zadeh, L. A.(1965)提出模糊理論的概念，主要包括模糊控制、模糊集合、模糊推理及模糊控制等，目前廣泛使用在各領域。

Song and Chissom(1993)以模糊理論為基礎，針對歷史性的時間序列資料提出新的預測方法，定義了模糊時間序列模型的基本架構，並以美國 Alabama 大學註冊資料為例，說明預測模式建構的流程與方法。

張化光等(1993)提出一種基於辨識模糊模型的多變量預測控制方法，適用於手工業過程的動態辨識及控制。

徐義人、陳正斌(2004)應用模糊理論進行颱風降雨量之推估，並結合了類神經網路和模糊理論兩者之優點的系統，相對傳統的統計方法，對於資料的非線性關係，有著更好的評估效果。

陳昶憲、陳建宏(1997)使用類神經網路建立模糊控制之規則庫與隸屬度函數，將得到的規則庫及隸屬度函數以模糊控制模式進行水位預測，其預測結果良好。

黃莉(2005)利用 2004 年汛期資料以模糊聚類方法計算這些資料數據矩陣的相關係數，得出類似年分，並結合太平洋海水水溫與崇左市的降水關係，對汛期降雨做模糊均升函數模型預測。

陳憲宗、游保杉(2007)利用改良式模糊理論推求預報誤差機率分布函數，並結合水位預報，針對超過警戒水位之發生機率做探討，建立良好的機率預報模式。

孫才志、林學鈺(2003)應用模糊序列聚類方法建立降水豐枯狀況的分級標準，針對降水量的隨機性質，採取相關係數為權重，以加權的馬爾可夫鏈預測未來降水的豐枯變化，以山西省河曲水文站 50 年的降雨資料模擬，獲得不錯的結果。

陳守煜、李敏等(2009)藉由模糊優選類神經網路結合 GIS 系統，以區域雨量值作為輸出，利用各點雨量資料推求面積雨量，即在已知集水區內各雨量站的降雨資料的情況下，根據實測資料即時預測集水區內部各區域面積雨量值。

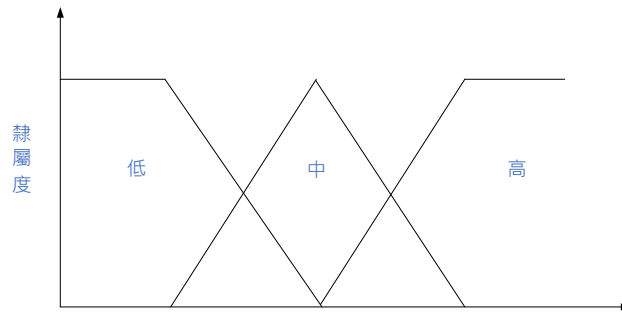


圖 2-2、模糊預測模式示意圖

(資料來源：本計畫成果)

3. 類神經網路

類神經網路預測特性為建構一種輸入與輸出的關聯模式，透過訓練學習等方式增加模式預測精度，如圖 2-3 所示，其相關研究文獻如下：

林柏承(2000)使用類神經網路的倒傳遞網路模式來建立颱風降雨推估模式，將複雜的颱風降雨機制記憶在類神經網路架構內，以達到推估颱風降雨量之目的。

劉祥熹等(2001)為正確預估都會區生活用水量，採用類神經網路系統建構台北都會區生活用水相關模式，當學習次數達 200 次時，預測效果良好並獲得最佳參數值。

張麗秋等(2005)以幅狀基底函數類神經網路來架構集水區的降雨逕流模式，以蘭陽溪降雨逕流為例，並與倒傳類神經網路進行比較，結果顯示幅狀基底函數預測效益較佳，並以預測未來一小時與兩小時的結果較準確。

張嘉玲、陳永燊(2013)以倒傳遞類神經網路探討降雨量與水庫水體水質的相關性，以當日降雨量、前五日平均降雨量、月平均降雨量進行水庫水體水質之預測，結果顯示月平均降雨量與水庫水體水質具有較高的相關性，又以總磷、葉綠素較好。

鄭宇祈(2013)使用颱風資料、測站資料、以及颱風資料加上測站資料等三種不同變數學習輸入，建構倒傳遞類神經網路颱風降雨量預測模式，比較與預測不同路徑之颱風所帶來之下一小時的降雨量及降雨趨勢。

黃威雄(2000)藉由類神經網路自動學習之特性，結合氣象雷達資料、雨量站資料及倒傳遞類神經網路，建立一套適用於颱風期間及時降雨量推估系統。

張斐章(2012)利用雷達即時雨量推估資訊結合類神經網路 ANFIS 及 BPNN 兩

種模式，建立水庫集水區入流量預報模式，其中 ANFIS 模式於尖峰流量值預測較準確，BPNN 模式則在整體趨勢掌握度較好。

張斐章、蔡孟蓉等(2013)結合雷達雨量資料、衛星觀測系統及地面雨量觀測紀錄，運用類神經網路 ANFIS 模式推估山區雨量。

童偉安(2015)利用倒傳遞類神經網路及複迴歸分析建構預測台灣濁水溪流域降雨量及地下水位站於颱風侵台期間的總降雨量及地下水位變化預測之模式，結果顯示單純利用類神經網路預測準確度較差，需藉由複迴歸分析修正，可獲得 80% 以上的準確度。

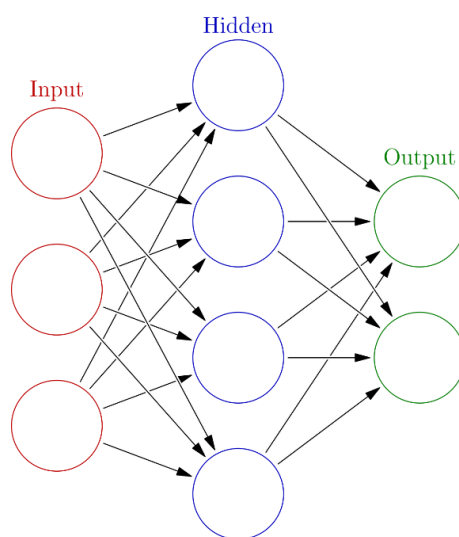


圖 2-3、類神經網路模式示意圖

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

4. 灰色理論

灰色理論預測是從灰色系統的建模、關聯度、殘差檢驗的思維，累加生成曲線近似指數成長曲線，且指數增長符合微分方程解的型式所發展出關於預測的觀念及方法，即是將序列轉換為微分方程，而建立動態模型，如圖 2-4 所示，其相關研究文獻如下：

廖朝軒等(1996)利用灰色預測模式預測台灣北部地區之年需水量。

陳憲宗(1998)將灰色預測應用於降雨逕流預報模式，建立集水區的雨量預報模式與降雨逕流模式，利用三小時的雨量數據，預測未來雨量，並與傳輸函數做比較，發現灰色預測模式在雨量預測效益較好，再利用自回歸修正模式，降低灰

色預測的誤差。

劉敏梧(2004)利用灰色預測模式預測水庫入流量，並以數值分析提出新的灰色模式建模程序，稱為 $GE(1, 1)$ ，修正原有灰色預測模式之缺陷，並探討加入雨量預報修正法及季節因素修正法，結果顯示雨量預報修正法能有效提高預測準確度。

王安培等(2004)以石門水庫為例，應用微分水文灰色模式與灰色原始模型 $GM(1, 1)$ 兩種預測方法，預測水庫旬流量，兩者預測效益皆較差，然而若將模糊理論結合灰色預測，建立旬流量的隸屬度函數，灰色預測準確度可改善許多。

潘家英等(1999)透過實際案例證明灰色預測的數據光滑度提升，但預測誤差反而增大的情形。

李福琴(2006)說明若要提升灰色預測的精確度不應只在於修正數據的光滑度，並以數據驗證光滑度僅能提升一次建模的準確度，建議可探討其他影響模型精度的因子，拓展灰色預測的應用。

陳正炎(2008)以灰色系統理論及類似降雨查詢法預測濁水溪流域短期降雨，結果顯示灰色預測模式較優，且 3 點數據建模的準確度優於 4 點。

許澤東、柳福祥等(2016)分別以灰生成技術、初值條件改進、背景值的改進、模型參數估計方法改進、殘差序列改進、綜合優化等 6 個面向，對灰色預測模型優化研究現狀進行全面性的比較，並對灰色預測未來發展提出相關建議。

台北市政府工務局水利工程處(2011)利用灰色預測模式作為降雨測預報系統模式運作，其中以預測未來 1、2 筆數據準確度較高，對於短延時強降雨事件可提昇雨量預報水準，並提供台北市不同區域即時防災資訊。

何瑞益(2011)以單一時間距的灰色預測模式，透過異模差分法，進行短延時強降雨的雨量預測，建立淺層地滑即時預警模式。

陳芝企(2002)針對 $GM(2, 2)$ 地下水位預測模式所需輸入之雨量與地下水位觀測資料，分別以 $GM(1, 1)$ 預測模式預測降雨之狀況，並配合灰關聯分析方式計算所得之降雨對地下水位變化影響灰關聯序，提供模式提前計算地下水位變化量之依據，以瑪家、萬隆、新庄與新園等四個地下水為觀測站驗證 $GM(2, 2)$ 地下水位預測模式於屏東平原之地下水位預測工作具有相當之實用性與可發展性。

陳伯霖(2014)以灰色預測模式為主搭配雷達降雨量做為參考指標進行雨量預測及修正工作，並以陳有蘭溪為研究案例，結果顯示將灰色預測模式結合雷達預測降雨模式，能有效修正其結果，其中以卡爾曼濾波效果較好。

李光敦、黃仁國等(2015)以灰色系統理論配合荷頓入滲公式預測未來 1~3 小時有效降雨，推估地表及地下逕流生成量，經運動坡-地貌瞬時單位歷線完成即時逕流預測模式。

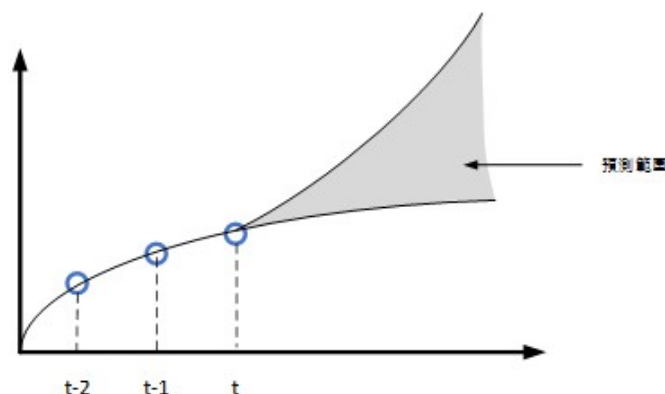


圖 2-4、灰色理論模式示意圖
(資料來源：本計畫成果)

綜合上述預測模式相關文獻回顧可知，不論是統計或雷達型態的預測模式，從過去探討預測降雨量或流量的準確度，逐漸演變為結合其他理論進行修正或優化預測模式，並結合其他領域的資訊進行模擬，故本計畫將評估不同預測模式於雨水貯集系統之雨洪管理操作的合適程度，選擇適當的雨量預測模式，並將雨量預測模式結合雨水貯集系統進行即時的操作控制。

第五節 國內外物聯網通訊系統及相關軟體發展現況

1998 年美國麻省理工學院 Auto-ID 中心主任 Kevin Ashton 首次提出物聯網 (Internet of Things, 簡稱 IoT) 一詞，即將全球化的網路基礎建設透過資料擷取以及通訊能力，連結實體物件與虛擬數據，進行各類控制、偵測、識別及服務。2005 年 11 月 17 日，世界資訊峰會上，國際電信聯盟發布了《ITU 網際網路報告 2005：IoT》，其中指出「IoT」時代的來臨。

物聯網的發展過程可簡易地分為三個階段，第一階段為終端連結，即機器對機器 (Machine-to-Machine, M2M)，RFID 被廣泛應用於物流、零售和製藥領域的連接裝置，然而缺少資料儲存與資料交換的能力；第二階段為服務平台，主要為

雲端運算、產品即服務、裝置與網路安全、大數據分析、聚焦於整合軟體功能和應用程式等的半智能化，然而資料智慧分析與加值應用架構仍尚未健全；在第三階段為智慧應用服務，運用人工智慧(AI)來改變智慧裝置，在沒有人為干預的情況下，能直接對環境的變化做出反應，透過應用軟體的整合、機器學習及 AI，以提供完整的將進入全智能應用的認知運算(Cognitive computing)及預測運算(Predictive computing)。

目前物聯網技術運用在公共安全、環境監控、能源管理、交通運輸、工業生產、物流零售、醫療照顧或家庭活動等，各應用領域都與物聯網有緊密的關係，而維繫整個物聯網應用體系能夠順利運作，其核心就是系統軟體。軟體或系統程式在物聯網應用中，涵蓋範圍從核心晶片的設計、裝置產品的韌體到系統應用的程式。物聯網的系統軟體可分為三個層次，分別是核心（晶片）層、裝置產品層及系統應用層。其中核心（晶片）的系統軟體包括產品設計平台、韌體、驅動程式等；裝置產品層則包括嵌入式系統、作業系統、韌體、特定領域應用程式等範疇；至於系統應用層方面，則是以各式領域別應用系統或產品操控系統為主。（資策會 MIC 研究團隊，2016）

目前物聯網相關技術的發展，在科技公司或傳統產業都開始建立物聯網服務平台，提供端點到端點之間的物聯網解決方案；根據物聯網的研究機構調查，目前市面上各種物聯網服務平台已經超過 400 個，其中有超過 200 家是新創公司，有 25 家是大型跨國企業。為滿足各種新興產業需求與服務，各大廠商相繼推出物聯網、區塊鏈等平台服務，並提供開放原始碼搶攻新興應用市場，如：Amazon (AWS IoT)、Google (GCP)、IBM (Watson Analytics)、Microsoft (Microsoft Azure IoT) …等，本計畫將各廠商之物聯網服務平台依廠商、平台名稱及內容說明彙整如下表 2-2 所示；而國內外電信商亦結合智慧物聯網來提升管理效益及創造產業新契機，將國內外各電信商之物聯網服務平台依廠商、平台名稱及內容說明彙整如下表 2-3 所示。

表 2-2、不同廠商物聯網服務平台彙整表

廠商	平台名稱	內容說明
Amazon	AWS IoT	能將裝置連接至 AWS 服務和其他裝置、保護資料和互動安全、處理裝置資料、監控、並採取行動的服務開發工具

Google	GCP	產品包括 Compute Engine、Cloud Storage、Cloud AutoML…等，其中根據不同產品性質又再加以分類為運算、儲存空間與資料庫、Cloud AI、大數據、資料轉移等。
Microsoft	Microsoft Azure IoT	包含了 Azure IoT Hub、Azure IoT Edge、Azure IoT Central、Azure IoT Suite…等，從安全性、效率、兼容性、以及擴展性為基礎，提供客戶快速且能靈活運用的完整解決方案。
IBM	Watson Analytics	提供各種大數據應用，如檢索、分析、清理數據，建立直覺化的數據圖像與在其平台上對數據進行討論與資料效換的應用服務工具。
Cisco	Cisco IoT System	六大主軸技術包括網路連結、霧運算 (Fog Computing)、資料分析、安全 (含網路及實體安全)、管理與自動化，以及應用支援平台 (Application Enablement Platform)。
PTC	ThingWorx	提供公司所需的功能、彈性及擴充能力，藉以推動工業創新，包括在制定流程並提供強大網站、行動和擴增實境體驗的同時，尋找資料、設定資料背景及合成資料的能力。
SAP	HANA Cloud Platform	提供一個獨有的內存計算資料庫及業務應用服務，來快速創建，擴展，整合新興的，移動優先的應用來滿足客戶的需求。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

表 2-3、不同電信商物聯網服務平台彙整表

電信商		平台名稱	內容說明
國內	中華電信	IoT 智慧聯網平台	提供 IoT PaaS、智慧城市、智慧交通、智慧能源等服務。
	台灣大哥大	物聯網 sim 管理平台	與 Jasper 合作物聯網 SIM 卡管理平台，提供以 sim 通訊管理之服務。
	遠傳	全球聯網管理平台	提供車聯網、智慧建築、智慧路燈等應用服務。
	亞太	IoT by Gt 智慧生活	提供「智慧城市應用」及「追蹤服務」，延伸應用至車聯網、智慧工廠、智慧農業、智慧家庭等。
國外	Verizon	ThingSpace	提供平台工具加速服務發展，主要應用於智慧城市、智慧交通等。
	Vodafone	Global Data Service Platform	提供安全、快速設備聯網機制，主要應用於車聯網、智慧建築等。
	中國移動	OneNet	提供設備、跨平台互聯機制及服務開發工具，主要應用於車聯網、環境監測等領域。

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

本章節先針對國內外互聯網路相關案例進行蒐集與分析，進而研擬智慧雨水貯集系統設計架構，並透過互聯網路相關設備及其資訊蒐集，進行設備型式探討及遴選之建議，最後針對智慧雨水貯集系統使用端研提需求項目及相關內容，作為後續研究及雨水貯集智慧化設計之參考。

第一節 互聯網路相關案例蒐集分析及智慧雨水貯集系統架構設計

本節蒐集國內外互聯網路相關案例，並進行針對各案例應用項目之連結架構分析探討，進而透過案例蒐集與分析成果研擬雨水貯集系統連結智慧物聯網之架構設計。

1. 國內外互聯網路相關案例蒐集分析

本計畫針對國內外互聯網路相關案例進行蒐集，統整政府機關、電信商、國內外期刊與研究發表之文獻、相關案例及相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，共 24 筆，如表 3-1 所示。

表 3-1、國內外互聯網路相關案例彙整表

案例名稱	單位	前端設備	通訊技術	後端處理	加值應用
1 綠能智慧水閘門	水利署	太陽能板、自動控水閘門、田間感測器等	-	IoT 雲端監控	建立智慧型灌溉管理決策系統
2 空氣品質感測物聯網	環保署	PM2.5 國產化設備、O3、NO2、AQI 等感測元件	4G LTE/LoRaWAN/NB-IoT	24hr 監測、空氣異常警示、稽查管制、維運派工	視覺化平台及應用資訊系統、空氣品質精緻化預報
3 智慧路燈	臺北市府	環境感測器、監視攝影機	Wi-Fi/NB-IoT	智慧照明、安全警示、車流/人流計數、停車格空位偵測及電子看板訊息推播等	5G 基地臺、Open API 或開放資料等
4 智慧廁所	臺北市大安森林公園第 5、	洗手乳、捲筒衛生紙、氣味等感測器	-	即時通知值班管理人員補充用品或適時清掃	大數據分析，作為用品採購及管理分配依據

		6 號公廁				
5	全方位 3D 科技維安網	新北市 政府警察局	P-CAM、M-Police 警用行動電腦、警用無人機、警用穿戴式微型網路攝影機、無人機、路口監視器	4G LTE	指揮中心針對各式突發狀況能即時調度警力及做出正確決策	整合「智慧影像分析人臉辨識系統」，建置通緝犯、治安顧慮人口、失蹤人口等名單資料庫
6	智慧農業物聯網	中華電信	環境濕度監測、土壤監測、光照監測	NB-IoT/Cat-M1	作物生長環境設定	-
7	智慧電梯	中華電信	監控系統	Cat-M1	24hr 監控中心、故障警示	歷史數據分析與診斷作為電梯維修依據，加速檢驗電梯的效率。
8	智慧車聯	遠傳電信	機車位置、車體狀態、駕駛行為等監控	NB-IoT	雲端管理、數據應用、使用分析	共享機車、LBS 服務、機車保險
9	居家安全防護網	中國(中國移動電信商)	無線感煙報警器，無線感溫報警器，無線可燃氣體探測器，無線手動報警按鈕等	NB-IoT	OneNET 物聯網雲平台資訊整合與報警訊息傳送	配套手機 APP、微信，多級告警通知，多單位用戶支持，分級用戶管理
10	共享車位	USPACE	IoT 智慧地鎖	NB-IoT	中華電信 IoT 大平臺	USPACE Partner App
11	校園廁所監控	彰化師大寶山校區	環境監控系統	LoRaWAN	改善城市裡公共廁所的環境	-
12	智慧工廠	金蘭醬油	溫度溼度感測器	sigfox	偵測 116 座 FRP 戶外發酵桶的溫度溼度	-
13	智慧停車	波恩總部園區(德國電信，DT)	超音波傳感器	NB-IoT	智慧手機 APP	-
14	智能遙測標籤	蘇格蘭海洋哺乳動物研究組	SMRU 傳感器	NB-IoT	跟蹤和監測海豹的運動(如：位置和潛水深度，以及溫度，鹽度和水下聲音)	-
15	智慧電錶	葡萄牙里斯本的萬國公園	NB-IOT 智慧電錶	NB-IoT	智慧能源管理系統，提升電力使用效率	-
16	共享單車	中國北京市	自行車智能鎖、定位系統	NB-IoT	分析騎乘軌跡，精準投放地點	-

17	智能煙感報警系統	中國廈門市海滄區	智能煙感設備	NB-IoT	消防監控管理平台、智能預警服務平台、警報系統	-
18	智能門鎖	中國清華大學	NB-IoT 智能門鎖	NB-IoT	智能分析工具與大數據可視化工具掌握學生的住宿生活行	-
19	薩萊諾智慧農業	意大利 EVJA 公司	環境感測器	LTE/LoRaWAN	VJA OPI™ 農業監控系統進行灌溉、噴洒農藥和施肥料	-
20	智能停車場	法國蒙彼利埃市	傳感器	LoRaWAN	移動應用程式	停車費支付系統
21	工業物聯網	日本安川電機	生產線監視器、機械設備之轉速與溫度等感測器	LTE/LoRaWAN	YASKAWA Cockpit 管理軟體、故障預測與維修指示	生產計畫與綜合基礎業務系統的資料整合
22	智慧垃圾桶	日本沖繩 (KDDI 電信商)	垃圾桶感測器、影像監視器	Cat-M1	清理通知	-
23	都市水患防災系統	日本神奈川縣厚木市 (KDDI 電信商)	人孔蓋感測器、下水道水位、降雨雷達等	LoRaWAN	災害預警	政府因應急降雨等天災之決策基礎
24	學童安全追蹤服務	日本藤枝市 (Softbank 電信商)	校門口藍芽訊號發送器、攜帶式感測器	LoRaWAN/Bluetooth	上下學路徑之定位追蹤，	-

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

藉上述國內外各種互聯網路之智慧應用的案例資料彙整成果，前端設備皆透過感測裝置進行現場環境監測或訊號發送，並透過 4G LTE、LoRaWAN、Cat-M1、NB-IoT 等不同的通訊技術作為資訊傳輸的媒介，再連結 IoT 雲端平台資料分析與整合管理，進而傳達決策指令與加值應用；其整體系統架構可參考工研院互聯網路之智慧應用的分類方式，將系統架構分為 3 個層次，分別為感知層、網路層與應用服務層；感知層包含 SIP 高階封裝技術、感測及辨識技術、低功耗處理器...等，網路層分為訊息傳輸網路與雲端運算或伺服器資料中心，應用服務層則為各類加值的智慧應用，如圖 3-1 所示，本計畫後續智慧雨水貯集系統之架構將參考此分類方式而進行設計。

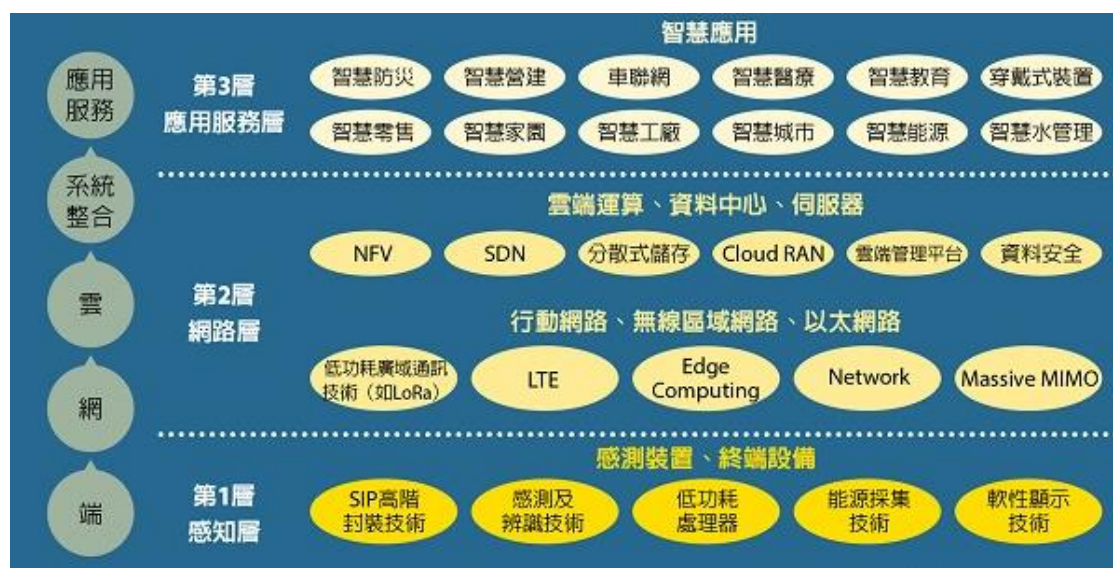


圖 3-1、互聯網路之智慧應用架構圖

(資料來源：工研院 IEK、Gartner，2016)

2. 建築物雨水貯集系統智慧化之系統架構設計

傳統建築物雨水貯集系統依設計標的可分為建築物供水及雨水滯洪兩目的，而雨水儲水槽依設置位置之不同可分為地面式及地下式兩種。

以供水標的設計的雨水貯集系統之雨水儲水槽常以地面式或地下式之型式做設計；雨水貯集系統作為滯洪設施之設計，為達到滯洪與逕流分擔之目的需較大容量的儲水體積，故多以地下式儲水槽的型式做設計，兩者設計方式皆須搭配水位計做供(補)水或滯洪排水之被動操控，其傳統建築物雨水貯集系統地面型與地下型配置示意如圖 3-2 所示。

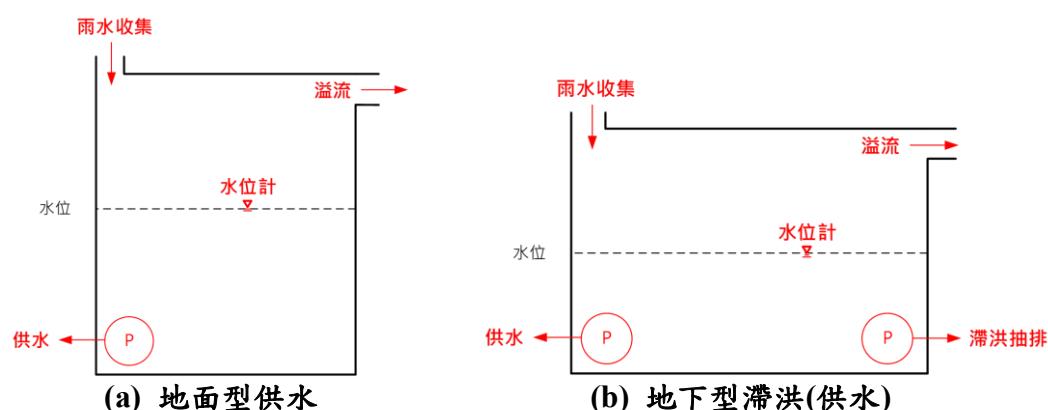


圖 3-2、傳統建築物雨水貯集系統之地面型與地下型儲水槽示意圖

(資料來源：本計畫成果)

建築物雨水貯集系統實施雨洪管理即係透過系統的儲水槽進行滯洪排水操

作，其滯洪排水的方法可分為兩種，一為重力排水，另一個為機械抽排(即泵浦抽排)。如以重力排水設計，雨水貯集系統之儲水槽最低水位需高於區外排水設施之設計水位；而機械抽排可應用在建築基地內排水溝渠底高程低於區外排水設施設計水位的情況，重力排水及機械抽排之相關比較彙整如表 3-2 所示。

表 3-2、建築物雨水貯集系統之儲水槽滯洪排水設計方法比較表

設計方式	重力排放	機械抽排
適用條件	儲水槽最低水位高於區外排水設施設計水位	基地內排水溝渠底高程低於區外排水設施設計水位。
設施元件	1. 滯洪孔設置 2. 孔口型式與孔徑尺寸 3. 制水閥件(設計者選用)	1. 泵浦 2. 流量控制設施 3. 制水閥件(設計者選用)
耗 能	低	高
維護管理難易度	低	高

(參考資料：台北市流出抑制設施參考手冊)

藉表 3-2 建築物雨水貯集系統之儲水槽滯洪排水設計方法比較結果，滯洪排水方法主要須考量其適用條件之合適性而進行設計，參照前述兩類型的傳統建築物雨水貯集系統，本計畫可將建築物雨水貯集系統進行智慧化雨洪管理分為兩個類型做考慮：(1) 地面式雨水貯集系統雨洪管理-重力排放；(2) 地下式雨水貯集系統雨洪管理-機械抽排；進而為使前述兩類型傳統建築物雨水貯集系統實施雨洪管理且進行智慧化控制，需將系統進行改造與新設相關設備。

地面式雨水貯集系統智慧化操作係透過重力排水做雨洪管理，故於儲水槽底進行改造，增設一滯洪孔口作為排洪出口，並裝設控制閥來操控孔口開啟與關閉，其操作依據係透過須獲得降雨量、雨水收集入流量、儲水槽內水量、供水量及溢流量等相關數據分析，故系統中除原有的水位計之外，需增設雨量計及流量計之感測設備；所有的感測設備接收的數據將連結控制器，並透過閘道器將數據回傳至後端的雲端平台或伺服器接收端，透過數據彙整與模式運算而進行滯洪孔控制閥開關之決策依據，其地面型雨水貯集系統智慧雨洪管理之配置示意圖，如圖 3-3 所示。

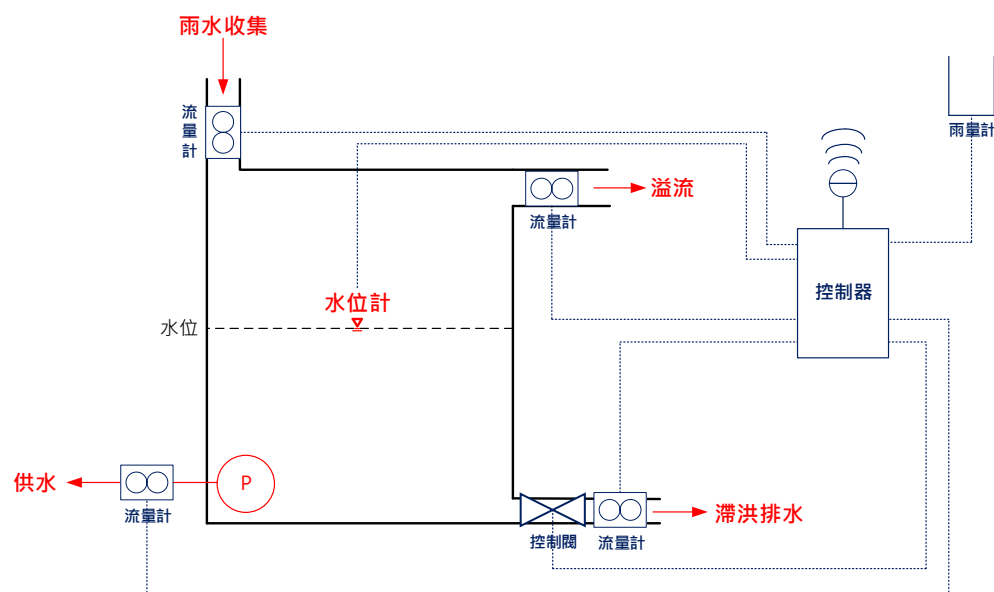


圖 3-3、建築物雨水貯集系統智慧化之地面型系統配置示意圖
(資料來源：本計畫成果)

地下式雨水貯集系統智慧化操作係透過機械排水做雨洪管理，其感測設備的裝設、數據傳輸及分析與決策的流程皆與上述地面型相同，而差別在於滯洪排水係透過原有滯洪泵浦增設控制閥件而進行抽排操作，不同於傳統的系統均以被動式操作進行滯洪排水，故可能造成收集過多前期雨水，無法有效降低洪峰，且降雨後由於無法得知降雨情況而持續排放，使後續供水效益較差；故本研究在空間限制及強降雨事件增加的情況下，建立系統智慧雨洪管理，發揮雨水貯集原有的功能，在有限的容量下，增加滯洪、供水雙標的效益，其地下型雨水貯集系統智慧雨洪管理之配置示意圖，如圖 3-4 所示。

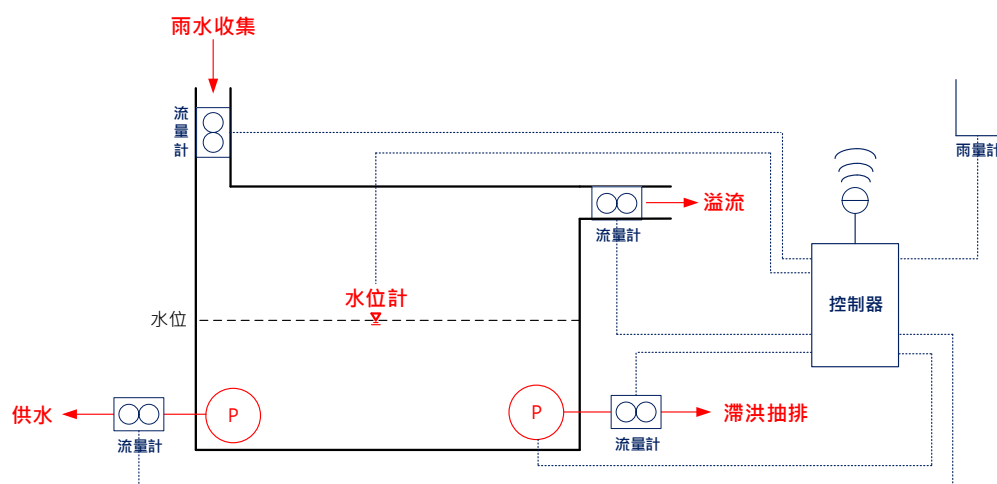


圖 3-4、建築物雨水貯集系統智慧化之地下型系統配置示意圖
(資料來源：本計畫成果)

建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理之整體設計架構，可參考圖 3-1 所述，將互聯網路智慧應用分為三個部分，分別為感知層、網路層及應用服務層，如運用在建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理上可繪製圖 3-5 所示。

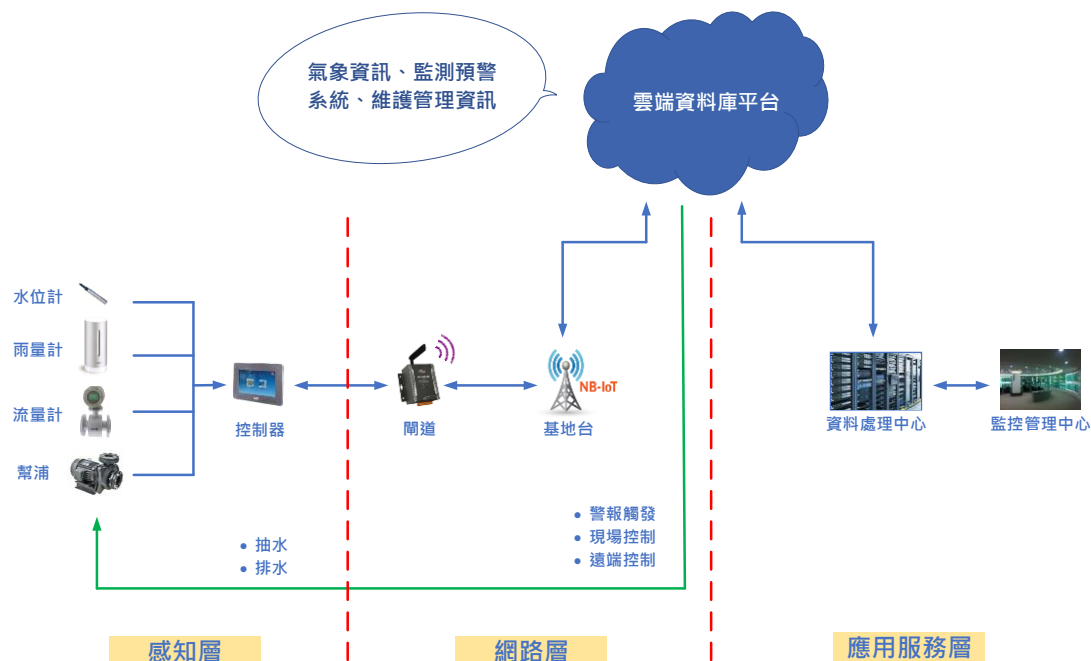


圖 3-5、建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理設計架構圖
(資料來源：本計畫成果)

感知層、網路層及應用服務層在建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理的相關內容項目說明如后：

(1) 感知層

感知層在智慧雨水貯集系統主要用來識別、感測與控制當下最末端的各種狀態，例如：流量、水位、雨量、抽水量…等。而這些資料定期會經由感測裝置上的通訊晶片，利用有線傳輸或感測區域網路的天線與無線存取點傳遞至現場控制器或電腦設備，透過水位、流量警報系統，及遠端或現場的控制，有效的立即進行抽排水之控制。運用的相關設備，如：水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、幫浦、控制設備…等，其相關的設備蒐集與探討詳如本章第二節中說明。

(2) 網路層

網路層的目的除了將感測資訊傳遞至應用服務層的應用系統外，也可用於獲取其他領域相關的氣象雷達資料或地形地貌資訊，進行雲端運算，迅速的將資料

計算成果傳遞給感測層中的各項感測儀器。

在智慧雨水貯集系統在建築物的雨洪管理之感測設備單筆所需傳遞的數據流量不大，但總資料量大且須遠距範圍的連結，不同於傳統的 Wi-Fi、Bluetooth 等短距離通訊協定；目前物聯網智慧應用興起，而其應用價值的呈現，皆奠基於高安全、低成本、易管理的低功耗廣域網路(Low Power Wide Area Network，LPWAN) 之上。LPWAN 能大幅擴展物聯網的應用情境，而「SIGFOX」、「LoRaWAN」、「NB-IoT」等技術是為 LPWAN 技術中市場滲透率最高的技術，而 LPWAN 通訊技術相關資訊彙整表如表 3-3 所示。

網路通訊技術的選擇需考慮實際應用上的需求與適用性。如過去網路層技術受限通訊距離，在偏遠山區與災區資料傳輸常常遇到瓶頸，現以 LPWAN 技術，可滿足遠距離無線通訊需求。如有高速且即時傳輸之需求，則仍需仰賴其它如 4G/5G 等傳輸技術。成本方面，NB-IoT 電信業者利用其既有的基地站台架設開道與中繼站，仍需要通訊收費；採用 LPWAN 架構私有通訊開道，如：LoRaWAN 後續通訊免費，但須自行運營維護，且前期建置站台成本較高。這些皆為網路通訊技術的選擇需要考慮的問題。

表 3-3、LPWAN 通訊技術相關資訊彙整表

技術協定	主要推動	成立時間	目前佈建國家	基站連接數目	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度	技術範疇	發展情況
SIGFOX	Singfox	2009	17	100 萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:10KM 郊區:50KM	100kbps	終端設備至 前端應用	已發展
LoRaWAN	IBM/Cisco	2015	12	25 萬個	ISB Band Sub-1GHz	市區:3~5KM 郊區:15KM	300bps~50kbps	通訊協定	已發展
NB-IoT	3GPP	2016	NA	10 萬個	GSM or LTE Band	20KM	~50kbps	通訊協定	起步最慢但生態鏈最完整

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

(3) 應用服務層

應用服務層係結合各種資料分析技術，以及各系統之間的重新整合，將數據化的資料以圖形、表格、投影的方式呈現給相關部門之管理人員及民眾，除了可以進行人為的判斷及操作，必要時也可進行緊急疏散通知，提高突發事件的反應速度和處理能力，本計畫針對智慧雨水貯集系統之雨洪管理研提應用服務層之使用端需求項目及相關內容，詳如本章第三節中說明。

第二節 建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討及遴選之建議

本章節主要針對建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路感知層相關設備及其資訊進行蒐集，後續將各類設備依其規格、型式及適用性等進行探討，最為後續智慧雨水貯集系統設備遴選之建議。

1. 建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路感知層相關設備及其資訊蒐集

智慧化雨水貯集系統在感測層所需增設的相關設備包括水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、泵浦、控制設備…等。由於感知層中的 I/O 模組、控制器、數據交換器、以及 IoT 閘道器等設置，皆須依使用者的需求與通訊協定的選擇，而搭配不同型式的設備、程式碼編寫及應用軟體等，對於這部分的設備選擇與搭配方式尚無標準的流程且運用內容較廣，實務上多依工程師做現場配置與軟、硬體調校，故本計畫在建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路感知層相關設備蒐集，主要針對感測設備的部分，包括水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、泵浦等 4 個項目，其相關設備資訊彙整成果如后說明。

(1) 水位計

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將水位計分為壓力式、超音波、雷達式、浮球式及電磁式等 5 種型式，依設備基本資料(包括型號、材質、尺寸、特性說明)及規格說明(包括量測範圍、耐壓範圍、輸出信號、經度等級...等)彙整如表 3-4 所示。

(2) 流量計

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將流量計分為電磁閥型、超音波型、科式力型、渦流型、葉輪型及浮子式等 6 種型式，依設備基本資料(包括型號、材質、特性說明)及規格說明(包括量測範圍、輸出信號、口徑...等)彙整如表 3-5 所示。

(3) 雨量計

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將雨量計主要分為捕集式(傾斗式、衡重式、虹吸式)及(光學式、撞擊式、微波雷達、聲波) 2 種型式，依設備基本資料(包括型號、材質、尺寸、特性說明)及規格說明(包括解析度、輸出信號、信號讀取速率...等)彙整如表 3-6 所示。

(4) 泵浦

透過國內外相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，可將泵浦主要分為陸上式及沉水式 2 種型式，依設備基本資料(包括最大水量、最高揚程、啟動壓力、停機水位、出水口徑...等)及規格說明(包括馬力、頻率、相數...等)彙整如表 3-7 所示。

表 3-4、感測設備之水位計相關設備彙整表

產品特性	基本資料				規格說明						
	型號	材質	尺寸	說明(優缺點、細部分類、其他配備...)	量測範圍	耐壓範圍	輸出信號	精 度 等 級	電源供應	環境溫度(℃)	防 護 等 級
壓力式	JTK-620	不銹鋼	27mm	1. 316 不銹鋼隔離膜片 2. 抗電磁干擾 3. 堅固密封、高可靠、高精度 4. 防潮、防結露設計 5. 應用於環保、水利、工業制程控制、化工...等領域	0~100m	-	4~20mA(另有其它輸出信號可選)	±0.25%	24VDC	"0℃~50℃"	IP68
	ATM/N	鈦合金或不銹鋼	24mm	1. 量測範圍：1~250 m 2. 高強度、質輕 3. 精確值可達±0.1%FS 4. 過程連接件、隔膜、外殼的材質：鈦合金、316L 兩種可選	1~5m	3bar	4~20ma	±0.5%	9~33VDC	"-5℃~80℃"	IP68
	SMR02	不銹鋼	24mm	1. 傳訊距離最遠可達1.2公里以上 2. 內建記憶體，可儲存校正參數 3. 先上即時量測	0~100m	-	RS485	±0.1%	4000VDC	"-40℃~85℃"	IP68
	DPT-VP	不銹鋼	-	1. 結構精簡、體積精巧 2. 使用 Straingauge 傳感器 - 僅些微磁滯現象，俱高重複使用之特性	-	-	4~20mA	±0.5%	8~33 VDC	"-10℃~+85℃"	-
	BVS	不銹鋼	33mm	-	-	"-1~250bar"	4~20ma	±0.5%	DC8~30	"0~60"	-
超音波	TFD	不銹鋼	15~6000mm	1. 繁體中文液晶顯示，操作使用方便 2. 大型液晶畫面，可同時顯示累積流量、瞬間流量、信號強度、工作狀態、故障顯示 3. 可儲存/讀取參數值，避免原始校驗設定遺失 4. 流量紀錄功能，查詢年月日累積流量與斷電紀錄 5. 自動加補斷電期間所漏記的流量資料 6. 2 組 4~20mA 組 4~20mA 類比訊號輸入 7. 同時顯示累積值、瞬間流量、流速、信號強度 8. 可連接溫度傳感器作為熱量計使用 9. 具備自我診斷功能 10. 管道適用多種材質	瞬間流量9位	-	4~20ma、RS-485、Pluse	±2%	110V	"-25℃~60℃"	IP 68
	TFP	不銹鋼	80~2000mm		瞬間流量9位	-	4~20ma、RS-485、Pluse	±2%	110V	"-25℃~60℃"	IP 68
	US	ABS	50~600mm		瞬間流量：9位	-	4~20ma、RS-485、Pluse(+)	±2%	12~30VDC	"-25℃~60℃"	IP 68
	ULM-70	-	70mm	1. 顯示器快速呈現 2. 能在惡劣環境下運作	0.5~20m	1bar	4~20mA，HART protocol	±0.15%	18~30VDC	"-30℃~70℃"	IP67

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

	DL14	ABS	-	1. 多功能液位傳送器，可提供繼電器控制、傳訊器訊號傳輸。2. 波速及盲區僅 5cm，使小型桶槽量測優化	1. 25M	2bar	4-20mA	3mm	24VDC	"-35℃ ~ 60℃"	-
	LU81	不鏽鋼	8-18mm	1. 具有自我診斷故障功能 2. 安裝快速簡單 3. 波束寬度僅 7.6cm	0. 2-5. 5m	2bar	4-20mA	±0. 2%	12-28VDC	"-40℃-71℃"	
雷達波	GRLM-70	-	70mm	1. 適合各種液體的連續液位測量 2. 快速查看 OLED 或 LCD 顯示屏上的測量值 3. 通用性佳 4. 不銹鋼材質 5. 測量範圍可達 40 米 6. 在惡劣環境下能工作	0-25m	1-150bar	4-20 mA, HART	± 2mm- ± 10mm	18-36V DC	"-20℃-70℃"	IP67
	SMR61	不鏽鋼	-	1. 超低功耗 2. 線上即時量測 3. 具溫度補償 4. 1.2 公里 RS485 5. 內建記憶體，可儲存校正參數	0. 1-20m	-	RS-485	±2mm	5V DC	"-30℃-65℃"	IP68
	FMR50	不鏽鋼	-		40m	"-1-3" bar	HART	±2mm	10-48VDC	"-40℃-80℃"	-
	FMR53	不鏽鋼	-		70m	"-1-160" bar	HART	±2mm	10-48VDC	"-196-450"	-
	FMR52	不鏽鋼	-		20m	0-40bar	HART	±2mm	10-48VDC	"-40-150"	-
浮球式	RFLS-35	不鏽鋼	35mm	1. 可消除附著於電極的沉積物或泡沫 2. 可安裝在金屬或塑料儲罐、管道、填充罐、貯槽 3. 可取代振動式液位計 4. 可透過磁性筆設定 5. 具高靈敏度、穩定性	-	10MPA	PNP	-	7-34VDC	"-40℃-80℃"	IP67 IP68
	4-20mA 連續式浮球液位計	不鏽鋼	-	-	-	MAX. 30kg	4-20mA	-	-	MAX. 150℃	-
	FTG-LT5	不鏽鋼	-	-	0-30m	24.5bar	4-20mA	±2mm	24VDC	"-20-70"	-
	tab2110	不鏽鋼	-	-	-	-	4-20mA	±0.1%	12-36VDC	"-40℃-80℃"	-
	AT-1	不鏽鋼	-	-	0-30m	-	4-20mA	±0.5%	24VDC	"-20-60"	IP65
	eYc-LBM04	不鏽鋼	-	-	0.25-1.5m	20bar	4-20mA	±0.2%	10-36VDC	"-20-70"	IP67
電磁式	TH15	銅合金	15mm	1. C 級計量等級，高敏度精確計量 2. 非磁傳動，不怕磁場干擾 3. 漏水警訊顯示，多元化智慧型管理功能 4. 防腐抗垢設計	0. 0225-3	最大 16kgf/cm2	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±0. 5%	內建長效鋰電池，正常可達 10 年以上	"-25℃-70℃"	IP 68
	TH20	銅合金	20mm		0. 0225-3	最大 16kgf/cm2	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±0. 5%	內建長效鋰電池，正常可達 10 年以上	"-25℃-70℃"	IP 68
	TH25	銅合金	25mm		0. 0225-3	最大 16kgf/cm2	4-20ma、Pluse、RS-485、	±0. 5%	內建長效	"-25℃-70℃"	IP 68

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

							ModBus(RTU) 、GSM/GPRS		鋰電池，正常可達 10 年以上		
	TH40	銅合金	40mm		0.0225-3	最大 16kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±0.5%	內建長效鋰電池，正常可達 10 年以上	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN50	PVC	50mm	1. 分離式顯示介面，符合各種環境需求 2. 符合環保法規要求 3. 不易阻塞、拆裝清洗容易 4. 可連接工業儀表與傳訊介面，同步顯示數值	1. 2-30m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN80	PVC	80mm		2. 4-60m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN100	PVC	100mm		3. 6-90m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN150	PVC	150mm		8-200m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN200	PVC	200mm		12-300m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN250	PVC	250mm		20-500m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	IN300	PVC	300mm		32-800m ³ /h	3-5kgf/cm ²	4-20ma、Pluse、RS-485、ModBus(RTU)、GSM/GPRS	±2.5%	內建長效鋰電池	"-25℃-70℃"	IP 68
	MF3 版	不鏽鋼	15-2000mm	1. 繁體/簡體中文簡易操作環境 2. 擴充性佳，可搭配各式儀表設備 3. 智慧型管理功能 4. 異常警報顯示（電極異常/空管警報/上下限警報/勵磁異常）	瞬間流量 6 位，小數點前 10 位，小數點後 4 位		4-20ma、RS-485、Pluse	±2%	110VAC	"-20℃-70℃"	IP 68
	MF5 版	不鏽鋼	15-2000mm		瞬間流量 5 位，小數點前 9 位，小數點後 3 位		4-20ma、2 組 RS-485、Pluse	±2%	110VAC	"-20℃-70℃"	IP 68
	FG	不鏽鋼	150-300mm	1. 非滿管狀態計量 2. 高精度計量，流量範圍廣 3. 內無可動元件，持久耐用	瞬間流量:3 位 累積流量:7 位		4-20ma、Pluse	±2%	110VAC	"-10℃-55℃"	IP 68
	翻板式磁力式浮球液位計	不鏽鋼	-	可以實際需求再做調配	-	20kg/cm	4-20ma	-	-	"10℃-400℃"	-
	CLM-36	不鏽鋼	36mm	1. 量測範圍：2m-20m 2. 輸出信號：0-10V/4-20mA、Zero&Span 3. 具防爆型、介質溫度、可做液位開關控制	2-20m	0.08-0.11MPa	0-10V/4-20mA、Zero&Span	-	9-36VDC	"-20℃-60℃"	IP67

(資料來源：本計畫成果)

表 3-5、感測設備之流量計相關設備彙整表

產品特性	基本資料			規格說明						
	型號	材質	說明(優缺點、細部分類、其他配備...)	量測範圍	輸出信號	口徑	精度等級	電源供應	環境溫度(℃)	防護等級
電磁閥型	AMC-2100	鋁合金	1.可儲存 99 筆斷電、上電的累積量，瞬間量 2.自我檢測功能	0-15m/s	RS-485, HART	-	±0.4%	24VDC	"-25℃-65℃"	IP65
	MF3 版	不鏽鋼	1.繁體/簡體中文簡易操作環境 2.擴充性佳，可搭配各式儀表設備 3.智慧型管理功能 4.異常警報顯示(電極異常/空管警報/上下限警報/勵磁異常) 1.非滿管狀態計量 2.高精度計量，流量範圍廣 3.內無可動元件，持久耐用	-	4-20ma、RS-485、Pluse	15-2000mm	±2%	110VAC	"-20℃-70℃"	IP 68
	MF5 版	不鏽鋼		-	4-20ma、2 組 RS-485、Pluse	15-2000mm	±2%	110VAC	"-20℃-70℃"	IP 68
	FG	不鏽鋼		-	4-20ma、Pluse	150-300mm	±2%	110VAC	"-10℃-55℃"	IP 68
	FA	不鏽鋼		0.1-10m/s	4-20ma	10-2000mm	±0.5	220VAC, 24VDC	"0-80"	IP65
	KA/VA/JA	不鏽鋼		0.1-10m/s	4-20ma	10-150mm	±1%	220VAC, 24VDC	"-25-150"	-
	HA	不鏽鋼		0.3-10m/s	-	50-2000mm	±2%	24VDC	"-25-80"	-
	EX80	不鏽鋼		0-1602m ³ /h	-	25-300mm	±1%	12-25VDC	"0-55"	-
超音波型	AUF750	-	1.回應時間小於 1s 2.批量控制功能	0.01-32m/s	RS-232	15-6000mm	±0.1%	90-260Vac or 8-36Vdc	"-20℃-50℃"	IP68
	HJS	-	1.所有輸出都可以電腦指令控制	0-30m/s	4-20ma, RS-485	15-6000mm	±0.1%	24VDC	"0-70"	-
	MODEL UF922S	-	1.有記憶功能	0-32m/s	RS-485	15-6000mm	±1%	8-36DC	"-10-50"	IP20
	DSP	不鏽鋼	-	0.01-12m/s	RS-232	15-6000mm	±1%	90-260V	"-20-60"	IP68
	AVM	不鏽鋼	-	0.01-12m/s	RS-232, RS-485	750-24000mm	±2%	90-260V	"-20-60"	IP68
	DHL	不鏽鋼	-	0.5-12m/s	4-20ma	25-1200mm	±1%	110-220V	"-20-60"	-
	FX	不鏽鋼	-	0.1-12m/s	4-20ma	15-6000mm	±1%	90-260V	"-20-50"	IP68
科式力型	ACF 6000 Series	不鏽鋼	1.高量程比 2.能用於高壓應用 3.自我診斷功能 4.雙向流量檢測功能	0-1000kg/hr-1106000kg/hr	RS-485	15-200mm	±0.1%	90-260Vac or 8-36Vdc	"-40℃-60℃"	IP67
	ALCM-UT	-	-	1500-1000000kg/hr	4-20ma, RS-485	40-200mm	±0.5%	-	"0-250"	-
	ALCM-MB	-	-	150-50000kg/hr	4-20ma, RS-485	8-50mm	±0.5%	-	"0-250"	-

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

	ALCM-DT	-	-	150-900000kg/hr	4-20ma, RS-485	10-200mm	±0.5%	-	"0-250"	-
	FCM06	不鏽鋼	1.可安裝於任何無需流量調節或直管部的地方 2.無可動元件，減少維護	5-200000kg/h	RS-485	-	±0.1%	36VDC	"-40-55"	-
渦流型	AVF-7000	-	1.自動溫度和壓力補償功能 2.4-20 mA 帶 HART 信號和脈衝輸出，供使用者選擇 3.溫度範圍最高可達到 420 degC 4.簡易的設定以及自我診斷的功能	0.3-4950m3/h	RS-485	15-500mm	±0.7%	12-32VDC	"-20°C -60°C "	IP65
	GTFM 系列	-	-	4-1600m3/h	4-20ma	25-250mm	±1%	24VDC	"-20°C -60°C "	-
	TFM	-	-		4-20ma	15-200mm	±1%	24VDC	"-20°C -55°C "	-
	DNVX	-	1.流量範圍大 2.壽命長 3.檢修方便 4.低壓損 5.精度高	0.9-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40°C -150°C "	IP65
	VT-FA	不鏽鋼	-	0.19-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40-150"	IP65
	VT-JA	不鏽鋼	-	0.19-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40-150"	IP65
	VT-FAC	不鏽鋼	-	0.19-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40-150"	IP65
	VT-KA	不鏽鋼	-	0.19-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40-150"	IP65
	VT-PA	不鏽鋼	-	0.19-2150m3/h	4-20ma，RS-485	15-300mm	±0.7%	24VDC	"-40-150"	IP65
	S050	不鏽鋼	-	0-3.4m3/h	GPI	12mm	±1%	-	"-40-121"	-
	S075	不鏽鋼	-	0.22-6.8m3/h	GPI	19mm	±1%	-	"-40-121"	-
	S100	不鏽鋼	-	0.56-17m3/h	GPI	25mm	±1%	-	"-40-121"	-
	S150	不鏽鋼	-	1-34m3/h	GPI	38mm	±1%	-	"-40-121"	-
	S200	不鏽鋼	-	2-68m3/h	GPI	50mm	±1%	-	"-40-121"	-
	TM050	不鏽鋼	-	0.22-2.2m3/h	NPN	12mm	±3%	-	"0-60"	-
	TM075	不鏽鋼	-	0.45-4.5m3/h	NPN	19mm	±3%	-	"0-60"	-
	TM100	不鏽鋼	-	1.1-11m3/h	NPN	25mm	±3%	-	"0-60"	-
	TM150	不鏽鋼	-	2.2-22m3/h	NPN	38mm	±3%	-	"0-60"	-
	TM200	不鏽鋼	-	4.5-45m3/h	NPN	50mm	±3%	-	"0-60"	-
	FS-SC	Polyacetal	0.5-3 L/min、1.5~10 L/min、5-30 L/min	0-10V,4-20ma	3-30mm	±2.5%	24VDC	"0-60"	-	-

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

葉輪型	FS-S	POM / polyamide	0.5-3 L/min、1.5~10 L/min、5-30 L/min	0-10V,4-20ma	3-30mm	±2.5%	24VDC	"0-60"	-	-
	FS-C	POM / polyamide	0.5-3 L/min、1.5~10 L/min、5-30 L/min	0-10V	3-30mm	±2.5%	24VDC	"0-60"	-	-
	FS-N	POM / polyamide	0.5-3 L/min、1.5~10 L/min、5-30 L/min	Pulse	3-30mm	±2.5%	24VDC	"0-85"	-	-
	FS-AR	POM / polyamide	0.5-3 L/min、1.5~10 L/min、5-30 L/min	1-5V,0-10V,4-20ma,Pulse	3-30mm	±2.5%	24VDC	"0-60"	-	-
	TW-51	POM	1.5-25L/min	open collect	6-24mm	±10%	2.4-26VDC	"-20-80"	IP65	-
	GF800	POM	0.5-20L/min	4-20mA	12mm	±1%	24VDC	"0-60"	IP65	-
	ND05	POM	0-3L/min	open collector pulse	5-20mm	±2%	3-24VDC	"0-70"	IP64	-
	ND10	POM	1.5-20L/min	open collector pulse	5-20mm	±2%	3-24VDC	"0-70"	IP64	-
	ND20	POM	3-60L/min	open collector pulse	5-20mm	±2%	3-24VDC	"0-70"	IP64	-
	W-300	SUS316	0.3 ~50 L/min	0-5V / 4-20mA / Pluse	6.35-12.7mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	W-400	SUS316	5-80L/min	0-5V / 4-20mA / Pluse	19-60mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	EMS75	POM	20-1100L/min	4-20mA	75mm	±5%	24VDC	"0-50"	IP68	-
	GF801	POM	0.025-4.1L/min	4-20mA	6.35mm	±2%	24VDC	"0-60"	IP65	-
	eYc-FSE	PVC	5-45233L/min	4-20mA	6.35-100mm	±0.5%	12-30VDC	"0-85"	-	-
浮子式	H-600P	SS304	0.03-400L/min	4-20mA	10-50mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	H-100AF	SS304	0.03-1200L/min	4-20mA	10-100mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	H-400M	SS304	0.03-400L/min	4-20mA	6-50mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	H-500FP	SS304	0.03-400L/min	4-20mA	10-50mm	±3%	24VDC	"0-60"	-	-
	RAMC	不鏽鋼	1.25-2166L/min	4-20mA	6.35-76mm	±2%	24VDC	"-80-130"	-	-
	RAGN	鈦	1.6-166.66L/min	4-20mA	6.35-31.75mm	±2%	24VDC	"-80-130"	-	-

(資料來源：本計畫成果)

表 3-6、感測設備之雨量計相關設備彙整表

產品特性		基本資料				規格說明				
		型號	材質	尺寸	說明(優缺點、細部分類、其他配備...)	解析度(分辨率)(mm)	輸出信號	信號讀取速率	電源供應	環境溫度(℃)
捕集式	傾斗式	JRP-023	styrosun	200c m ²	1.磁簧開關動作(常開/常閉)、承雨口面積 200c m ² 。解析度 0.10、0.20、0.25、0.50mm 可選 2.傾斗採用 POM 材質，灰塵污垢不易沾粘。外殼材質 STYROSUN，耐熱/可抗霜凍，適合戶外長期應用 3.適用於農/林業、軍事、戶外設施、灌溉、研究、污水處理廠、水務工程、自動化氣象站	0.1mm	RS485 (另購紀錄器)	0.4	100 V DC	0℃~60℃
		JRM-002	styrosun	200c m ²	1.符合 WMO(世界氣象組織)標準 2.高精準度、堅固耐用，外殼材質為 STYROSUN，耐熱、可抗霜凍 3.適用林業、氣象機構、研究、大學、污水處理廠、水務工程、自動化氣象站	0.1mm	RS485 (另購紀錄器)	0.4	100 V DC	0℃~60℃
		JRS-042	styrosun	200cm2*22.5cm	1.外殼採用 styrosun 材質，適用戶外長期應用(10-20 年) 2.內置加熱器，漏斗材質為銅，可透過加熱器融雪 3.標準連接電纜 C16-1，另有多種連接電纜可選 4.應用：雪崩設施、氣象機構、軍事、戶外運動設施、研究機構、自動化氣象站	0.1、0.2、0.25、0.5	RS485 (另購紀錄器)	0.4	100 V DC	0℃~60℃
		TK-1	不鏽鋼	200c m ²	1.性賴高 2.可配合各種測定器、紀錄器使用	±0.5mm 內	無電壓接點	0.1	300 V DC	-25℃~60℃
		RS1-102	-	200c m ²	-	±0.5mm 內	-	0.1~0.25s	D30V、0.5A	-
		260-2501M-A	Powdercoated Anodized aluminum	324cm2*14cm	1.簡單的設計確保了無故障運行，同時提供準確的降雨量測量 2.具漏斗屏可以防止碎屑進入儀表	0.1	USB 訊號輸出 (另購紀錄器)	0.1	24 V DC	-
		260-2500	-	-	-	±1%	-	-	-	-
		NET-205	不鏽鋼	314cm2*45cm	1.雙接點信號輸出，可同時提供無線電傳輸及記錄器使用 2.除承雨口為黃銅製外，其餘筒身、傾斗杯、底座皆為不鏽鋼金屬材質 3.保養簡易、信賴度高	0.5	雙接點磁簧開關	0.1~0.2	200 V DC	-
		DataRain-4000	-	200c m ²	-	0.1mm	-	-	-	-
		52202/52203	不鏽鋼	200cm2*30	1.內置調平螺釘和靶心水平儀，便於現場調整	0.1	磁簧開關	-	24 V DC	-20℃~50℃

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

			cm	2. 阻止鳥類在漏斗邊緣上棲息，附件鳥線組件可以連接到測量儀上 3. 對於沿海鹽空氣應用和其他腐蝕性環境，該儀表配有船用級不銹鋼外殼					
	TB305-1MM	Heavy duty cast aluminium Powder coated	235cm2*41.5cm	1. 準確度不受降雨強度的影響 2. 雙輸出信號，用於數據採集和傳輸 3. 測量偏遠和無人值守地區降雨和降水的世界標準	1	雙簧片開關	-	24 V DC	-20°C~70°C
	TB4	陽極氧化和粉末塗層鋁 抗紫外線 ASA 聚合物 鍍鉻 ABS	314cm2*33cm	1. 長期穩定校準 2. 準確度不受降雨強度的影響 3. 只需少許的維護 4. 適用於所有環境的堅固設計	0.1、0.2、0.5、1、0.01(inch)	雙簧片開關	-	24 V DC	4°C~70°C
	TB6	陽極氧化和粉末塗層鋁 抗紫外線 ASA 聚合物 鍍鉻 ABS	314cm2*33cm	1. 長期穩定校準 2. 準確度不受降雨強度的影響 3. 只需少許的維護 4. 適用於所有環境的堅固設計	0.1、0.2、0.5、0.01(inch)	雙簧片開關	-	24 V DC	4°C~70°C
	TB7	UV-resistant ASA Ground sapphire pivots Teflon impregnated injection moulded	314cm2*31cm	1. 長期穩定校準 2. 準確度不受降雨強度的影響 3. 只需少許的維護 4. 適用於所有環境的堅固設計 5. 具有防鳥類棲息裝置 6. 單獨進行滴定和批量校準	0.2、0.5、0.01(inch)	雙簧片開關	-	24 V DC	4°C~70°C
	TR-525M	-	450c m ²	-	0.1mm	-	0.1s	30vdc	"0°C~50°C"
	WB0015	SUS304 耐腐蝕鋁合金	314cm2*45cm	1. 標準類型的遙感雨量計傳感器 2. 可與各種測量儀器和記錄儀結合使用 3. 過濾器的雙重結構可防止因灰塵堵塞而導致的觀察誤差 4. 在受鹽害影響的區域，可能會發生腐蝕	0.5	非電壓接觸信號	0.1~0.24	500 V DC	5°C~50°C

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

	衡重式	Pluvio2	-	200-400mm	1.使用成本低 2.可精確採集一年的雨量數據	0.01mm	SDI-12or RS485	-	10-28VDC	"-40℃~60℃"
		OTTPluvio2	不銹鋼 鋁 聚乙烯 ASA	113cm2*74 cm	1.使用成本低 2.沉降精度在 0.004 英寸以內，具有累積和強度讀數以及濾波算法，以補償風，溫度和蒸發 3.多種訊號接口 4.加熱環可防止傳感器上積雪	0.01	SDI-12 RS485	-	10-28 V DC	-40℃~60℃
		DataRain-4000	鋁合金 不銹鋼 聚丙烯	200cm2*30 cm	1.新型專業降水傳感器，由 GEONICA 根據 WMO 的要求設計（世界氣象組織） 2.內置溫度探頭可實現自理節能 3.電子秤重法原理，沒有移動部件	0.001	SDI-12 RS232/RS422/RS485	-	9-12 V DC	-30℃~60℃
	虹吸式	SJ-1	-	200mm	-	0.05mm	自計鐘	-	-	0℃~60℃
		JFZ-01	不銹鋼 聚丙烯	380cm2*56 cm	1.感與靈敏度、準確度高，適應降雨強度範圍大 2.可內痔固態儲存器 3.具自動診斷儀器狀態智能化功能	0.1	RS-485	-	12 V DC	0℃~50℃
新型(非捕集式)	光學式	RS-100	PC	7*7*12cm3	1.體積小、壽命長、免維護設計 2.據感雨、測雨 2 種工作模式 3.適合都市監測、移動數據採集、智慧農業等領域	0.1	RS485 RS232 GPRS	-	12 V DC	-40℃~85℃
		RMS2000	-	-	-	0.1mm	RS-485, GPRS, wifi	-	DC12-24V	-
		ORG-815	複合材料	73cm*11.5 cm*26.4cm	1.該產品無法測量降雪 2.儀器安裝簡單，維護方便，環境適應強 3.強降雨適用 4.性能優異解析度高	0.001	RS232	-	12 V DC	-40℃~50℃
	撞擊式	RD-80	不銹鋼 複合材料	10cm*10cm *17cm	1.測量過程中可顯示重要參數(雨速、反射率等) 2.免維護，無移動部件，安裝簡易	0.3-5	RS232	-	9-18 V DC	0℃~50℃
	微波雷達	MRR-2	PC	60cm*60cm *60cm	1.長期無人值守監測適用 2.不受風、周圍環境、海洋環境影響，無蒸發誤差 3.測量高度可達 6000m，可取樣 30 個分層	0.1-6	RJ45 RS232	10	24 V DC	-
	聲波	JSZ	不銹鋼	φ 21.6cm× 97cm	1.自動自我診斷功能 2.所有結構都用不銹鋼 3.抗雷擊，防堵塞 4.聲波非接觸測量，精度高	0.1	RS485	-	12 V DC	-20℃~75℃

(資料來源：本計畫成果)

表 3-7、感測設備之泵浦相關設備彙整表

產品特性	基本資料										規格說明					
	型號	最大水量 (m ³ / min)	最高揚程 (m)	啟動壓力 (kg/ cm2)	停機水位 (m)	出水口徑 (in)	適用水體	材質	尺寸(cm3)	說明(優缺點、細部分類、其他配備...)	馬力 (W)	頻率 (Hz)	相數 (Ø)	電壓(V)	電流(A)	環境溫度 (℃)
陸上式	TQ1500H	0.27	37	2.8	-	2	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質	45.2*18.7*22.8	1. 葉輪採多段離心式設計，使用時安靜低噪音 2. 無水保護，防止水源不足時泵浦空轉 3. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置，可防止馬達燒毀 4. 泵浦抽深 6 米	1491.4	60	13	220 220/380	9.5 6.5/4.2	Max. +40℃
	TQ2200	0.27	42	3	-	3	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質	45.2*18.7*22.8		2237.1	60	3	220/380	9.5/5.2	Max. +40℃
	TQ3700	0.27	52	3	-	5	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質	45.2*18.7*22.8		3728.5	60	3	220/380	13.8/6.8	Max. +40℃
	TQ1500 (一般揚程)	0.25	24	1.6	-	2	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質	45.2*18.7*22.8		1491.4	60	13	220 220/380	9.5 6.5/4.2	Max. +40℃
	HQ800	0.12	27	2	-	1	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	39.1*23.3*17.6	1. 電子穩壓設計 2. 無水雙重保護 3. 具延遲 6 秒緩停機	745.7	60	-	110/220	10.0 / 5.0	Max. +40℃
	HQ800H	0.1	45	2.5	-	1	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	40.9*23.3*17.6		745.7	60	-	110/220	10.0 / 5.0	Max. +40℃
	HS800	0.1	45	-	-	1	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	34.4*17.6*23.3	1. 泵浦內置溫度保護開關，防止水源不足時泵浦空轉。當水溫超過 55℃時，泵浦自動斷電 2. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置可防止馬達燒毀 3. 泵浦抽深 6 米	745.7	60	1	110/220	10/5.0	Max. +40℃
HQ400	0.08	26	1.8	-	1	一般住家不含雜質之清水	接液部位採用不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	33.7*23.3*17.6	1. 電子穩壓設計 2. 裝設溫度過載保護，防止馬達燒毀 2. 無水雙重保護	372.85	60	-	110/220	6.0 / 3.0	Max. +40℃	

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

									3. 具延遲 6 秒緩停機						
TQ800	0.07 5	44	2.5	-	1	一般住家不含 雜質之清水	接液部位採用 不生銹材質	41.7*18.7*2 2.8	1. 葉輪採多段離心式設計，使用時安靜低噪音 2. 無水保護，防止水源不足時泵浦空轉 3. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置，可防止馬達燒毀 4. 泵浦抽深 6 米	745.7	60	1	110/220	11/5.5	Max. +40° C
HS400	0.07 5	36	-	-	0.75 1	一般住家不含 雜質之清水	接液部位採用 不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	29.2*17.6*2 3.3	1. 泵浦內置溫度保護開關，防止水源不足時泵浦空轉。當水溫超過 55°C 時，泵浦自動斷電 2. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置可防止馬達燒毀 3. 泵浦抽深 6 米	372.85	60	1	110/220	6.0/3.0	Max. +40° C
TQ400	0.07	26	1.8	-	0.5	一般住家不含 雜質之清水	接液部位採用 不生銹材質	34.5*18.7*2 2.8	1. 葉輪採多段離心式設計，使用時安靜低噪音 2. 無水保護，防止水源不足時泵浦空轉 3. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置，可防止馬達燒毀 4. 泵浦抽深 6 米	372.85	60	1	110/220	6.0/3.0	Max. +40° C
HQ200	0.06	23	1.6	-	0.75	一般住家不含 雜質之清水	接液部位採用 不生銹材質 葉輪採用 306 不鏽鋼	33.7*23.3*1 7.6	1. 電子穩壓設計 2. 裝設溫度過載保護，防止馬達燒毀 2. 無水雙重保護 3. 具延遲 6 秒緩停機	186.42 5	60	-	110/220	4.0 2.0 /	Max. +40° C
TQ200	0.06	22	1.4	-	0.75	一般住家不含 雜質之清水	接液部位採用 不生銹材質	33.6*18.7*2 2.8	1. 葉輪採多段離心式設計，使用時安靜低噪音 2. 無水保護，防止水源不足時泵浦空轉 3. 單相馬達裝設有溫度過載保護裝置，可防止馬達燒毀 4. 泵浦抽深 6 米	186.42 5	60	1	110/220	4.0/2.0	Max. +40° C
KP325X	0.06	45	-	-	1	一般家用	泵浦：鑄鐵	35*27*24	齒式自吸抽水機為 1hp 之	745.7	60	1	110	10 5	2~40

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

								葉倫:Bronze		加大機型。 吸水深度佳，抗蝕耐磨。			3	220 220 380		
	KQ720/ 725(N)	0.05 8	26	-	-	1	一般家用水	泵浦:塑鋼 葉倫:Noryl	34*21*27	高效率，超低運轉聲 設計成熟可靠，品質優良 穩定，無須定期維護 精巧結構，安裝容易 內建馬達過載保護與泵浦 雙重無水運轉保護	372.85	50	1	220~240	2.3	2~40
	KP325X	0.05 5	35	-	-	1	一般家用水	泵浦:鑄鐵 葉倫:Bronze	35*27*24	齒式自吸抽水機為 1hp 之 加大機型。 吸水深度佳，抗蝕耐磨。	745.7	50	1 3	220 240 220 380	3.5	2~40
	KP320/ 325	0.05 4	36	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:鑄鐵 葉倫:Bronz	29*22*20	可選配溫控無水保護器 (T) 馬達提供過載保護，減少 非正常運轉下可能的馬達 損害	372.85	60	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325U	0.05 4	36	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:鑄鐵 葉倫:SUS304	29*22*20		372.85	60	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325S	0.05 4	36	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:不鏽鋼 葉倫:Bronz	29*22*20		372.85	60	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325SU	0.05 4	36	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:不鏽鋼 葉倫:SUS304	29*22*20		372.85	60	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325NT	0.05 2	35	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:塑鋼 葉倫:Bronz	29*22*22		372.85	60	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325	0.04 8	30	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:鑄鐵 葉倫:Bronz	29*22*20		372.85	50	1 3	220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325U	0.04 8	30	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:鑄鐵 葉倫:SUS304	29*22*20		372.85	50	1 3	220 240	-	2~55

第三章 建築物雨水貯集系統智慧化架構設計及設備遴選建議

																	220 380		
	KP320/ 325S	0.04 8	30	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:不鏽鋼 葉倫:Bronz	29*22*20				372.85	50	1 3		220 240 220 380	-	2~55
	KP320/ 325SU	0.04 8	30	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:不鏽鋼 葉倫:SUS304	29*22*20				372.85	50	1 3		220 240 220 380	-	2~55
	TP825P T	0.04 2	-	-	-	1	一般住家不含 雜質之清水	水機本體採用 工程塑膠整體 設計,接液部位 為不生鏽材質 製成。	25.5*21.3*3 8.6	採壓力開關控制,當水壓 不足時泵浦自行啟動增 壓,水壓足夠時自動停機。		372.85	60	1		110 220	5.2 2.6	Max. +40° C	
	TP320P T	0.04 2	40	-	-	0.75	不含雜質之清 水、乾淨稀薄非 腐蝕性之中性 液體	水機本體採用 工程塑膠整體 設計,接液部位 為不生鏽材質 製成	26.6*17.5*1 9	1. 馬達裝設有溫度過載 保護裝置可防止馬達燒 毀。 2. 搭配水溫溫度控制開 關,可防止吸入水源不足 或出水口閉塞時抽水機空 轉所造成的機構損壞。		372.85	60	1		110/220	5.2/2.6	Max. +40° C	
	KP320/ 325NT	0.04	27	-	-	0.75 1	一般家用水	泵浦:塑鋼 葉倫:Bronz	29*22*22	可選配溫控無水保護器 (T) 馬達提供過載保護,減少 非正常運轉下可能的馬達 損害		372.85	50	1 3		220 240 220 380	-	2~55	
	TP820P T	0.03 5	-	-	-	0.75	一般住家不含 雜質之清水	水機本體採用 工程塑膠整體 設計,接液部位 為不生鏽材質 製成。	25.5*21.3*3 8.6	採壓力開關控制,當水壓 不足時泵浦自行啟動增 壓,水壓足夠時自動停機。		186.42 5	60	1		110 220	3.2 1.6	Max. +40° C	
沉 水 式	PW250A D	0.12	9	-	0.1	1.5	一般不含雜質 之清水	採用高分子塑 材	16.4*16.4*3 5	適合在清洗水塔等局限空 間的清潔抽水 馬達備置熱過載保護。		250	50 60	-		220~240 110 220	2.0 4.0 2.0	4~35	
	PW400A D	0.13	10	-	0.1	2	一般不含雜質 之清水	採用高分子塑 材	18.3*18.3*3 8.4	低水位吸乾型,淺吸裝置 可將水位抽乾剩餘至 1mm 高度		400	50 60	-		220~240 110 220	3.5 7.0 3.5	4~35	
	PW100A	0.08	6.5	-	0.07	1	一般不含雜質	採用高分子塑	15.5*14*24.	PW100A 系列有排氣孔設		100	50	-		220~240	1.0	4~35	

智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

							之清水	材	1	計，可將泵內鎖氣消除 （運作時會有微量的水噴出）		60		110 220	2.0 1.0	
	PW250A	0.16	9	-	0.09	1	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	16.4*16.4*35		250	50 60	-	220~240 110 220	2.0 4.0 2.0	4~35
	PW400A	0.26	10	-	0.1	2	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	18.3*18.3*38.2		400	50 60	-	220~240 110 220	3.5 7.0 3.5	4~35
	PW100A R	0.08	6.5	-	0.07	1	一般不含雜質之清水，養殖海水	採用高分子塑材	15.5*14*24.1	1. 海水專用型可用於海水 養殖漁業場所 2. 產品輕 3 有排氣孔設計，可將泵 內鎖氣消除 （運作時會有微量的 水噴出）	100	50 60	-	220~240 110 220	1.0 2.0 1.0	4~35
	PW400A R	0.26	10	-	0.1	2	一般不含雜質之清水，養殖海水	採用高分子塑材	18.3*18.3*38.2		400	50 60	-	220~240 110 220	3.5 7.0 3.5	4~35
	PW100A C PW100A RC	0.08	0.08	-	0.07	1	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	22*14*241	1. PW100A 系列有排氣孔 設計，可將泵內鎖氣消除 （運作時會有微量的 水噴出） 2. 附浮筒液位開關型	100	50 60	-	220~240 110 220	1.0 2.0 1.0	4~35
	PW100A F PW100A RF	0.08	6.5	-	0.07	1	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	15.5*14*241		100	50 60	-	220~240 110 220	1.0 2.0 1.0	4~35
	PW250A F	0.16	9	-	0.09	1.5	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	16.4*16.4*35		250	50 60	-	220~240 110 220	2.0 4.0 2.0	4~35
	PW400A F PW400A RF	0.26	10	-	0.1	2	一般不含雜質之清水	採用高分子塑材	18.3*18.3*38.2		400	50 60	-	220~240 110 220	3.5 7.0 3.5	4~35
	PK100	0.1	6	-	0.1	1	養殖海水	高分子塑材	15.5*14*26.7		100	60	-	110 220	2.0 1.0	4~35

(資料來源：本計畫成果)

2. 設備型式探討及遴選之建議

透過上一小節建築物雨水貯集系統智慧化的感知層相關設備蒐集彙整成果，本小節將依水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、泵浦等 4 個項目分類作各設備型式的說明及彙整成果做為未來遴選之建議。

(1) 水位計

本計畫將水位計分為壓力式、超音波、雷達式、浮球式及電磁式等 5 種型式，各設備型式說明、優缺點及遴選之建議如后所述。

A. 壓力式

壓力式水位計採用靜壓測量原理，當液位計投入到被測液體中某一深度時，傳感器迎液面受到的壓力的同時引入到傳感器，再與水面上的大氣壓與傳感器的負壓相連，藉此可以得到水位深度。

優點：

可直接投入水中進行量測，使用壽命長，高可靠性。

缺點：

若水位底部較深易受淤泥阻塞感測器而影響量測精度。

B. 超音波

超音波水位計的工作原理是通過一個可以發射能量波(一般為脈沖信號)的裝置發射能量波，能量波遇到障礙物反射，由一個接收裝置接收反射。

優點：

精密度比較難被影響，安裝簡單，高可靠性。

缺點：

容易有盲區，不能測量壓力容器。

C. 雷達式

雷達水位計是基於時間行程原理的測量儀表，雷達波以光速運行，運行時間可以通過電子部件被轉換成物位信號。

優點：

不受大氣、蒸氣及槽內揮發物影響，維護方便操作簡單，故障率低。

缺點：

儀器出現故障後難以解決，價格昂貴。

D. 浮球式

浮球水位計結構主要基於浮力和靜磁場原理設計生產的。帶有磁體的浮球（簡稱浮球）在被測介質中的位置受浮力作用影響：水位的變化導致磁性浮子位置的變化。

優點：

安裝方便，維護方便，量測範圍大。

缺點：

量程受限制，精準度較為一般。

E. 電磁式

電磁式水位計通過內置電子探頭對水位進行檢測，再由晶片對檢測到的信號進行處理，當被測水體的水位到達點時，輸出訊號可以直接與 PLC 配合使用或者與控制板配合使用，從而實現對水位的控制。

優點：

精密度高。

缺點：

易受其它磁場干擾。

雨水貯集系統的水位計裝設於儲水槽內，故比較不會有太大的水位波動之情況發生，且不易有外物干擾(如環境溫度、蒸氣、槽內揮發物等)，以及雨水儲水槽內的水位深度通常不會有耐壓的問題，在設備的選擇上可考慮適當的量測範圍、量測精度、成本及接收器的信號類型進行搭配，本研究將水位計各型式的差異性簡易彙整如下表所示，可供規劃設計之遴選參考。

表 3-8、感測設備之水位計型式差異性比較表

	壓力式	超音波	雷達式	浮球式	電磁式
精度	高	中	高	中	中
穩定度	中	差	中	高	中
成本	低	低	高	低	中
維護費	中	高	高	低	低

(資料來源：本計畫成果)

(2) 流量計

本計畫將流量計分為電磁閥型、超音波型、科式力型、渦流型及葉輪型等 5 種型式，各設備型式說明、優缺點及遴選之建議如后所述。

A. 電磁閥型

電磁閥型流量計利用法拉第感應定律來檢測流量。在電磁流量計內部有一個產生磁場的電磁線圈，以及用於捕捉電動勢（電壓）的電極。

優點：

不受液體的溫度、壓力、密度或黏度的影響，能夠檢測包含污染物（固體、氣泡）的液體，沒有壓力損失，沒有可動部件（提高可靠性）。

缺點：

無法檢測不導電的氣體與液體，需預留一段直管長度作設置。

B. 超音波型

電磁閥型流量計利用法拉第感應定律來檢測流量。在電磁流量計內部有一個產生磁場的電磁線圈，以及用於捕捉電動勢（電壓）的電極。

優點：

沒有壓力損失，具有能夠從管路外面進行檢測的類型。

缺點：

需預留較長的直管長度作設置，含有較大固體物的液體將會導致故障，有很多氣泡時無法測試。

C. 科氏力型

科氏力型流量計是運用流體質量流量對振動管振動的調制作用即科氏力現象為原理，以質量流量測量為目的的質量流量計。

優點：

高精度，可以量測質量，設置不需預留直管長度，高回應速度，能檢測高黏度液體。

缺點：

與其它型式相比價格較高，壓力損失較大，易受振動的影響。

D. 渦流型

渦流型流量計於管路中設置一個障礙物，當流體通過其障礙物時，會在後方形成渦流。渦流與流速將成一定比例，通常透過超音波方式量測渦速，經過計算後測得流量。

優點：

可檢測液體、氣體以及蒸氣，由於沒有電極，因此具有耐化學性優異的特點，量程大、精度高。

缺點：

壓力損失，水垢與包含固體的液體會造成堵塞，不適用高黏度流體，對

管路振動敏感，預留一段直管長度作設置。

E. 葉輪型

葉輪型流量計的管徑中心放一個葉輪，流體通過時，會對渦輪葉片的表面施力並使其轉動，當達到穩定的轉速時，會與流速成正比，並透過磁性偵測得出脈衝訊號，感應器透過轉換訊號可以計算出流量，RPM(每分鐘轉速)正比於流量，轉數正比於流過的總量。

優點：

優異的可重複性與回應能力，結構簡單，價格低廉，體積小但量測容量大。

缺點：

對異物非常敏感（導致堵塞），由於葉輪高速旋轉，需要定期檢修以處理軸向磨耗問題或是更換葉輪，需預留一段直管長度作設置。

雨水貯集系統的管路流體為雨水，比較不具溫度、壓力、黏度及異物賭塞的問題，在設備的選擇上可考慮適當的管路口徑、量測範圍、量測精度、成本及接收器的信號類型進行搭配，另外需注意是否需預留足夠的管路長度量測，本研究將流量計各型式的差異性簡易彙整如下表所示，可供規劃設計之遴選參考。

表 3-9、感測設備之流量計型式差異性比較表

	電磁閥型	超音波型	科氏力型	渦流型	葉輪型
價格	高	高	高	低	低
壽命	中	低	長	長	長
抗震能力	差	中	差	差	好
精度	高	低	高	高	高

（資料來源：本計畫成果）

(3) 雨量計

本計畫將雨量計分為捕集式(傾斗式、衡重式、虹吸式)及非補集式(光學式、撞擊式、微波雷達、聲波)等 2 種主要型式，各設備型式說明、優缺點及遴選之建議如后所述。

A. 傾斗式

傾斗式雨量計透過漏斗狀的承雨口滴至傾斗一端，注滿後即傾倒一次，類似於蹺蹺板的概念，每當傾倒一次時，即相當於量測到其計量傾斗所對應之解析度的雨量。

優點：

可依地區降雨量或豐枯水期選用不同解析度之傾斗，成本較低，台灣較常見且易選購之設備。

缺點：

雨量過小，傾斗無法記錄。

B. 衡重式

衡重式雨量計記錄所收集雨水的重量，換算成降雨深度，為防止雨量桶內的水分蒸發，通常會加入一薄層浮油，多用於記錄 降雨、冰雹或雨雪混合的降水。

優點：

可用於降雨、冰雹或雨雪混合的降水，可獲得較高的解析度。

缺點：

易受風及溫度影響其準確度。

C. 虹吸式

虹吸式又稱浮力式雨量計，盛雨容器內具有一浮漂，隨著水位的上昇，機械式的帶動記錄筆或電子式紀錄雨量，並設有虹吸裝置可將收集的雨水排出收集桶。

優點：

節約能源，接收雨水與排水快速。

缺點：

易有存在資料空缺的問題，小降雨時虹吸處易發生滴流，儀器安裝校正、調整、安裝較為複雜。

D. 光學式

光學式雨量計採用紅外光感應原理測量降雨量，並用遙測算法確保雨量的可靠度。

優點：

體積小，靈敏度高，可結合多種功能如感雨、溫度。

缺點：

易受灰塵覆蓋造成量測誤差，成本相對較貴。

E. 撞擊式

撞擊式雨量計是一個能接線連續量測降雨的裝置。傳感器和處理器相連，當雨滴降落衝擊傳感器表面時，產生電脈衝，透過脈衝震幅量測雨量。

優點：

可量測降雨其他資訊，如：雨速、反射率、水液含量、慣性能量和雨滴大小等。

缺點：

成本相對較貴。

F. 微波雷達式

微波雷達式雨量計主要是根據回波的強度推算降雨強度及降水量，主要有 2 種方法：

①雷達反射因子和降水強度的關係

②雨使雷達波衰減的效應和降水強度的關係

優點：

量測速度快，應用範圍廣闊，可結合其他氣象資料的測量，便利程度高。

缺點：

成本相對較貴。

G. 聲波

聲波雨量計根據聲波測距原理，儀器中有水聽器用來感測降雨在接觸面上的聲音特性，根據雨水造成的聲音測量其雨徑大小、雨速、頻率，在回推降雨量及其他參數。

優點：

解析度高，數據平穩，可長時間持續觀測。

缺點：

易受打雷、雜質等其他因素影響，市場供應較少，成本相對較貴。

雨量計的裝設盡量選擇廣闊且較無干擾因素的場域，在雨水貯集系統的配置，如建築物附近無此設置條件，在建築物屋頂進行設置是一個好的選擇。一般在雨水貯集系統搭配雨量計是為了進行儲水槽體水量數據的校對，以利維護管理，更可作為未來應用層面的用途；在設備的選擇上可考慮適當的解析度、準確度、成本及接收器的信號類型進行搭配，本研究將雨量計各型式的差異性簡易彙整如下表所示，可供規劃設計之遴選參考。

表 3-10、感測設備之雨量計型式差異性比較表

項目型式	成本	解析度	準確度	適應環境能力	受其他因素影響程度
傾斗式	低	中	中	中	低
衡重式	低	高	中	低	高

虹吸式	低	低	中	中	高
光學式	中	中	中	高	中
撞擊式	高	高	高	中	中
微波雷達	高	低	低	中	低
聲波	高	高	高	中	高

(資料來源：本計畫成果)

(4) 泵浦

泵浦主要可分為陸上型及沉水型 2 種，差異在於是否置於水中進行雨水輸送，可依使用需求進行搭配。

在選擇或設計時需考量銜接的管路口徑，陸上型泵浦須注意泵浦性能中的出水量、送水揚程及吸入揚程之規格；而沉水型泵浦亦需注意出水量、最高抽水揚程及最低抽水水位之規格，其抽水效率會因設置搭配的方式而有所差異。

第三節 研提智慧雨水貯集系統應用服務層之使用端需求項目及相關內容

本計畫針對智慧雨水貯集系統之雨洪管理研提應用服務層之使用端需求項目及相關內容，希望透過感知層的感測設備將入流及出流點之間的數據進行有效監控，以及其它感測數據的結合，進行數值化與可視化的展示，未來甚至往程式自動化管控及調適全系統功能的方向發展，達到提高雨水貯集系統的維護管理成效及使用效率之目的。

藉第一次專家學者座談會初步討論成果，本計畫將使用端分為民眾使用端及維護管理端兩個部分，其研提的需求項目及相關內容說明如后。

1. 民眾使用端

主要係透過智慧雨水貯集系統使用端介面增加大眾對雨水貯集系統及都市水資源管理之認知，如圖 3-6 示意，其需求項目可包括：

- 即時雨水貯集量(即時水位資訊)

- 歷史雨水貯集量(歷史水位資訊)
- 降雨量資訊
- 排水警示
- 進水及排水流量即時數據
- 雨水用水量(供水可靠度)
- 設備相關資訊
- 自來水補給量
- 水質資訊



圖 3-6、智慧雨水貯集系統應用服務層之民眾使用端介面示意圖
(資料來源：本計畫成果)

2. 維護管理端

主要便於後端維護管理使用，如圖 3-7 示意，其需求項目除民眾使用端需求項目外，其他需求項目包含：

- 系統設備數據資訊
- 資料傳輸錯誤警示
- 歷史數據統計資料庫
- 維護管理時程表

- 參數設定與校正等；
- 如為區域性的維護管理端需各監測設備的定位地圖與大數據資料庫等。



圖 3-7、智慧雨水貯集系統應用服務層之維護管理端介面示意圖
(資料來源：本計畫成果)

第四章 建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式

建立與模擬分析

本計畫建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理主要係透過降雨量預報與物聯網通訊技術之整合而建立，藉案例模擬在降雨事件前透過降雨預報或預警資訊連結，透過開啟滯洪孔及泵浦抽排的方式而預留滯洪空間，並分析其雨水排放之操作機制(如：排放時機、排放量等)，使雨水貯水槽抽排機制可於每場降雨前進行針對性降雨的滯洪空間預留操作，預計可獲得更佳的滯洪功效。

本章節首先針對降雨預警之降雨量預測方法進行比較與分析探討，並選擇合適的預測方法，建立降雨量預測模型並進行模擬分析，將與後續建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式進行連結，進而探討雨水排放操作機制並完成建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式之建立，最後透過示範案例遴選與程序規劃進行模式模擬操作，其整體成果可作為未來建築物智慧雨水貯集系統雨洪管理設計之參考。

第一節 建築物雨水貯集系統智慧化之降雨預測方法與模擬分析

本節先針對降雨預警之降雨量預測方法進行比較與分析探討，選擇適用建築物雨水貯集系統智慧化雨洪管理的方法，並對此預測方法進行模型建構之探討，其詳細內容說明如后。

1. 降雨預警之降雨量預測方法比較

根據第二章文獻國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻蒐集成果，降雨量預測方法主要可以分為雷達降雨量預測方法及統計理論預測方法，雷達降雨量預測方法係透過雲層的回波數值與降雨量關係式進行運算，主要可分為雷達預測與數值預測 2 種；而統計理論預測方法主要係透過降雨量及其他影響因子進行計算，本計畫將針對模糊理論、類神經網路及灰色理論等 3 種作探討，其降雨量預測方法之相關說明如后：

(1) 雷達降雨量預測

雷達降雨量預測係透過觀測值藉由雲層反射進行估計，利用處理後之最低仰角回波數值，再以回波數值與降雨量關係式估計實際降雨，並配合各地雨量站資料進行修正，再使用外延法預測未來降雨量。

雷達降雨量預測方法一般較能反映區域的降雨型態，且在區域排水部分可以結合地表型態及排水管道等資訊進行模擬，故現今多數研究傾向以雷達預測降雨量作為首要選擇；但雷達降雨量預測會受地形因素影響，且預測時間較長，資料後續處理時間較久，若以建築物或基地作為研究，較無法發揮雷達預測之優勢。

本計畫將根據不同的使用需求衍生出許多雷達降雨量預測方法，如：氣象局整合雷達降雨測站定量降雨預報(QPESUMS-QPN)、氣象局整合氣象雷達與測站定量降雨預報(QPESUMS-QPF)、氣象局時間空間多尺度分析系統(STMAS-WRF)、系集颱風定量降雨預報(ETQPF)、氣象局區域數值預報模式(CWB-WRF)及全球預報模式(GFS)等進行蒐集，主要的差異在於資料提供的頻率及時機，本計畫將其彙整如下表 4-1 所示。

表 4-1、雷達降雨量預測方法彙整表

名稱	雷達預報			數值預報		
	氣象局整合氣象雷達預報(QPESUMS-QPN)	氣象局整合氣象雷達與測站定量降雨預報(QPESUMS-QPF)	氣象局時間空間多尺度分析系統(STMAS-WRF)	氣象局系集颱風定量降雨預報(ETQPF)	氣象局區域數值預報模式(CWB-WRF)	全球預報模式(GFS)
資料提供時間	每日	每日	每日	颱風期間	每日	每日
預報時間長度	即時預報 1、2、3 小時	極短期 6 小時	極短期 6-12 小時	短期 24-72 小時	短期 72 或 84 小 時	短中期 72-168 小 時
預報頻率	10 分鐘一 筆	10 分鐘一 筆	每 1 小時	每日 4 次	每日 4 次	每日 4 次
預報方法	雷達外延	雷達資料同化 (雷達+系集+辨識)		區域系集預報模式		全球模式、 統計、綜觀

						分析
預報內容	時雨量	時雨量	時雨量	時雨量	時雨量	時雨量
網格解析度	0.0125° (約 1.25 公里)		3 公里	0.04° (約 4 公里)	3 組 5 公里 1 組 4 公里	0.1° (約 10 公里)

(資料來源：本計畫成果)

(2) 模糊理論預測

模糊理論預測乃由模糊理論衍生而出，其概念為社會上許多問題的答案不應限於對或錯、0 或 1 等二元的解答，為打破傳統的二元邏輯計算，建立隸屬度函數表示其隸屬程度，模糊理論預測方法為根據過去觀測值建立適當的隸屬度函數，將數列模糊化，一般以三角形隸屬度分布函數為主，以基準矩陣及運算矩陣計算未來的模糊集合相關矩陣，再將資料還原為原始格式，故若無法建立出適當的隸屬度函數、抑或該區域歷史降雨事件較樣本數較少時，預測準確度將會降低。

(3) 類神經網路預測

類神經網路預測乃透過各項可能產生降雨的因子，以過去歷史降雨事件為背景，探討輸入與輸出值間的關係，並建立屬於不同區域的類神經降雨預測之模型，其架構可分為輸入層、隱藏層、輸出層，每層架構都含有數個神經元，其包含一組函數、權重，輸入端採多項輸入因子，輸出端可設定一項或多項因子，透過不同之學習方式降低網路輸出值與目標輸出值之間的差距，再藉由修改各神經元之權重，使誤差達容忍範圍之內。

類神經網路預測模式需要該區域歷史降雨事件作為學習之依據，且建模方式較複雜，輸入的參數也較多元，若以建築物或基地作為研究，則無法設置較多精密儀器進行觀測計算，且針對暴雨進行模擬，當暴雨事件樣本數較少時，預測後的準確度也有待探討。

(4) 灰色理論預測

灰色理論預測由灰色理論衍生而出，概念為大部分的數據經由累加或累減後，會呈現指數函數的分布型態，透過微分及差分計算預測值，可以進行單變量或多變量的預測，在雨量預測模式中其優點為理論簡單、計算方便，但針對較長遠的

時間點進行預測，預測精準度會大幅降低。

本計畫主要係針對建築物之雨水貯集系統為研究對象，故需採用極短期且即時的降雨量預測方法，並與後續建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式進行連結。綜括上述雷達及統計理論之降雨量預測方法，依其空間、時間及其它三個評估層面彙整如下表 4-2 所示。

表 4-2、降雨量預測方法比較表

評估參數\預測方法		雷達預測	模糊理論	類神經網路	灰色理論
空間	空間變異	分布型	單一型	單一型	單一型
	資料儲存空間	大	中	中	小
時間	計算時間	長	中	中	短
	預測時間長度	1 小時	1 小時	1 小時	10 分鐘、1 小時
其他	輸入資料量	多	中	中	少
	資料取得難易度	難	中	中	易
	計算方式	外延法	隸屬度函數	非線性權重函數	矩陣、微分

(資料來源：本團隊蒐集彙整)

在空間尺度上，雷達降雨量預測方法有良好的降雨空間分布，但以小基地而言需要透過程式的撰寫才能獲取特定網格區域的降雨預報資訊，網格邊界條件的問題也會影響雷達降雨量預測模式演算；在時間尺度上，雷達降雨量預測方法提供最短的降雨時距之降雨量預報資料為 1 小時，較不適用於建築物或區域尺度的雨洪管理操作，且若切割為低於一小時的時距尺度，資料處理複雜且運算時間較久，較不適用；在其他層面上，雷達、模糊理論、類神經網路三種降雨量預測方法的模式運算之輸入端需考慮許多降雨因子，然灰色理論降雨量預測方法僅需以單一變量進行預測，資料取得也較其他三種方法容易。綜整上述考量，本計畫將採用灰色理論預測作為後續建築物雨水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式之連結之降雨量預測方法，其灰色理論預測方法之詳細說明如后。

2. 灰色理論降雨量預測方法說明

灰色理論是由中國鄧聚龍教授於 1982 年在北荷蘭出版公司學術期刊上發表的一篇論文「The Control Problems of Grey Systems」所提出，當時適逢中國糧食預測的課題，鄧開始研究概率統計及時間序列等預測方法，但發現概率統計只追求大樣本，時間序列則注重數據的擬合，故希望結合兩者的優缺點，利用數據不多的情況找出一定的規律，於是藉由數據的微分處理，發現累加生成曲線近似指數成長曲線，且指數增長符合微分方程解的型式，後續透過一系列的考證後，發現此微分模式適合用於預測建模，因而建立了灰色系統理論。

一般而言，黑色系統代表系統內的訊息完全不了解，白色系統則代表系統內的訊息完全明確，而灰色介於黑、白之間，主要針對模型內的不確定性資訊、不完整性的狀況下，進行一系列的分析，目前廣泛的應用於社會、農業、工業、水文等眾多科學領域。

灰色理論的研究領域可歸納為六個部分，分別為：

(1) 灰生成(Grey Generating)

透過累加生成、累減生成、均值化生成、差值生成等方法降低原始數據的隨機性質，將原始數據中微小特徵或規律表現出來，而數據透過不同層次轉換後，原本低層次無法發現的特徵，高層次可能可以發現隱藏的規律。

(2) 灰關聯分析(Grey Relational Analysis)

探討系統內影響因子的相互關係，找出影響系統表現的重要因子，進而引導系統迅速有效的發展。

(3) 灰建模(Grey Model Construction)

透過灰生成後之數據建立的不同灰色模型，如 $GM(1, 1)$ 、 $GM(1, N)$ 、 $GM(0, N)$ 等，典型的灰色模型可分為零增長型、邊界型、預測型。

(4) 灰預測(Grey Prediction)

以 $GM(1, 1)$ 模型為基礎對數據未來發展進行預測。

(5) 灰決策(Grey Decision)

不同事件由於許多對策而有不同效果，將對策與 $GM(1, 1)$ 結合，挑選效果最佳者來解決事件，稱為灰決策，分為灰色局勢決策、灰色線性規劃

以及灰色整體規劃。

(6) 灰控制(Grey Control)

透過系統行為的數據，建立預測系統的行為的灰色模型，再將預測值回傳給系統的機制，此乃結合上述幾種方式建立而成。

本計畫主要運用為灰預測(Grey Prediction)領域，灰預測是從灰色系統的建模、關聯度、殘差檢驗的思維，所發展出關於預測的觀念及方法，即是將序列轉換為微分方程，建立動態模型。

在一般數值統計預測模型中，如類神經網絡預測、模糊預測……等，輸入層存在著許多的因子，每個因子間總是存在著直接或間接的關係，因子數目多寡及因子的設定可能都會影響預測成效，且過多的因子將使預測效率相對較低，故灰色理論主張使用 $GM(1, 1)$ 模型作為預測，其中第一個 1 表示一階微分，第二個 1 表示一個變量或因子，基於 $GM(1, 1)$ 模型建立的預測稱為灰色預測，概念如圖 4-1 示意。

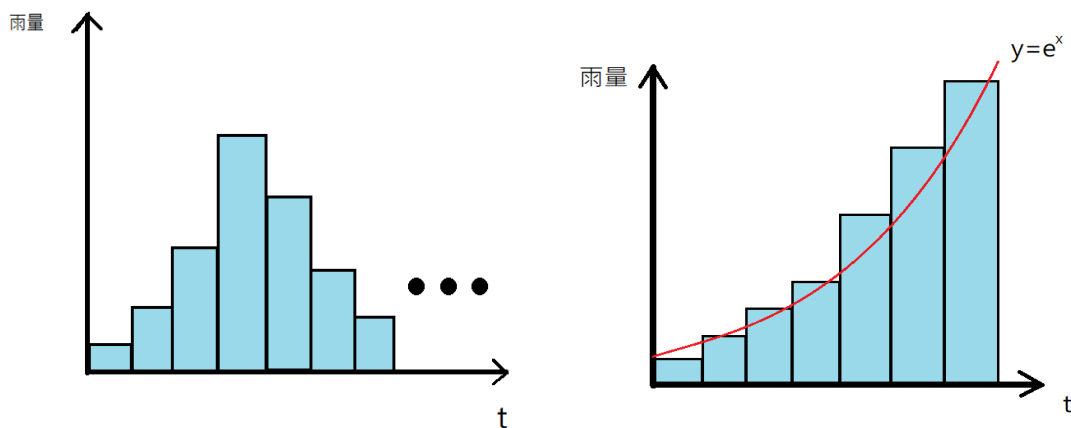


圖 4-1、灰色理論預測示意圖

(資料來源：本計畫成果)

灰色理論預測按照其數列特徵可分為下列五種：

(1) 數列預測

以等時距方式呈現之數列型態，利用 $GM(1, 1)$ 對系統行為發展變化進行的預測。

(2) 災變預測

以系統行為特徵值中的奇異點發生時的時間點進行的一種預測，在實務

上主要探討如乾旱、洪水等發生年分或數據異常的情況，其原始數據列仍然是所有日期，並非災變日期，並將特徵值中大於某定值的日期挑選出來再進行後續計算。

(3) 季節災變預測

一年之中某季節特定發生的災害或某種異常數據的情況進行的預測，在實務上主要探討如梅雨、農業災害等發生年分或數據異常的情況，與災變預測主要不同的地方在於數據列，季節災變預測的原始數據列是災變日期的數據列。

(4) 拓樸預測

將大於某定值的數列連成曲線，依災變預測方式將所有定值對應到未來時刻，再將未來時刻發生之定值按時間順序續連成某種預測波形曲線，簡單來說就是從現有波形預測未來發展變化的波形。

(5) 系統預測

指多個因子組成之系統發展變化預測，結合 GM(1, 1)模型和 GM(1, N)對各個因子進行預測，求出相互關係。

3. 灰色理論預測模型建構

灰色預測模型乃將數據累加生成後，建立灰微分方程式，求出其灰色參數及預測方程式，建立步驟如下

(1) 建立累加生成數列(Accumulate Generating Operation, AGO)

$x^{(0)}(k)$ 為原始序列之第 k 筆資料，在雨量預測時可設定為集水區中雨量站之雨量觀測值，表示如下：

$$x^{(0)}(k) = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots x^{(0)}(k)) \quad (4-1)$$

一次累加生成數列 $x^{(1)}(t)$ 為：

$$x^{(1)}(t) = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), x^{(1)}(t) \dots \dots x^{(1)}(t)) \quad (4-2)$$

$$x^{(1)}(t) = \sum_{k=1}^t x^{(0)}(k) \quad (4-3)$$

(2) 建立灰微分方程

灰色預測模型縮寫為 GM(1, 1)，其第一個 1 表示一階微分，第二個 1 表示一個變量，故 GM(1, 1) 代表一階微分一個變量之灰模型。GM(1, 1) 之微分方程式可表示為：

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(t) = b \quad (4-4)$$

上式中，a、b 為灰色參數，而 $x^{(1)}(t)$ 為 $x^{(0)}(t)$ 之一次累加生成數列 (1-AGO)，而 $x^{(0)}(t)$ 即為雨量站之雨量觀測值。

(3) 轉換成灰差分方程式

為利用電腦進行運算求解 (4-4) 式之一階灰微分方程式，故將其化成灰差分方程式，並將灰色導數與灰色參數白化，單位時距取 $\Delta t = 1$ ，如下式：

$$\left. \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \right|_{t=k} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - \Delta t)}{\Delta t} = x^{(1)}(k) - x^{(1)}(k - 1) = x^{(0)}(k) \quad (4-5)$$

累積數列 $z^{(1)}(k)$ 之平均值可表示為

$$x^{(1)}(t)|_{t=k} = z^{(1)}(t) = 0.5 \times (x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k - 1)) \quad \forall k = 2, 3, \dots, n \quad (4-6)$$

故可將 (4-4) 式透過 (3-5) 式與 (3-6) 式轉換成 (3-7) 式

$$x^{(0)}(k) + a \cdot z^{(1)}(k) = b \quad (4-7)$$

由上式可知，(4-4) 式灰微分方程式與 (4-7) 式灰差分方程式之對應關係如下：

$$\begin{cases} \frac{dx^{(1)}(t)}{dt} \Rightarrow x^{(0)}(t) \\ x^{(1)}(t) \Rightarrow z^{(1)}(t) \end{cases} \quad (4-8)$$

(4) 求解數據矩陣及灰色參數

進一步將各時距之差分式集合為矩陣型式：

$$D = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \text{grey_C} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (4-9)$$

式中 D、E 為數據矩陣，grey_C 為灰色參數列。

可將(4-9)以矩陣型態表示成：

$$D = E \cdot \text{grey_C} \quad (4-10)$$

以最小二乘法求解(4-10)式之灰色參數列，可得下式：

$$\text{grey_C} = (E^T E)^{-1} E^T D \quad (4-11)$$

灰色參數 a、b 即可求得，其中，參數 a 為發展係數，可以反映數據發展趨勢，參數 b 為灰作用量，可以反映數據的變化關係。

(5) 建立預測方程式

參數 a, b 求出後，帶入(4-4)式，求得其通解，可表示為

$$x^{(1)}(k+1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad (4-12)$$

(4-12)式為下一時距累積雨量估計值，利用 $x^{(1)}$ 做後項差分還原成 $x^{(0)}$ ，即得預測數列如下

$$x^{(0)}(k+1) = x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (4-13)$$

灰色理論預測按數據的取捨方式而有所不同，常用的 GM(1,1)數據模型可分為兩種型式，分別為新息模型及等維新息模型，說明如后：

(1) 新息模型(new-info model)

新息模型的數據取捨方式為每增加一個新的數據，便將其加入原始數列中，以加入數據後之全數列建模，所得到之模型稱為新息模型。然隨著時間的推移，不斷的加入新的數據， $x^{(0)}(t)$ 的資料量也越來越多，使儲存容量會

無止盡的增大，所對應的計算工作量也會無止盡的增加，故為解決此類型問題，通常會應用等維新息模型。

(2) 等維新息模型(equal-dimension and new-info model)

等維新息模型也可稱作為滾動式建模，係在維度維持相同的情況下建立出一種模型型態。模式建立先設定一時間維度後，以同時增加新的數據並去掉最舊的數據而建立模型，每增加一個數據，就剔除最舊的數據，其數列建立可由(4-14)與(4-15)的原本數列公式與新的數列公式示意：

原本數列：

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots, x^{(0)}(k)) \quad (4-14)$$

作等維新息處理得到之新的數列：

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3) \dots \dots, x^{(0)}(k), x^{(0)}(k+1)) \quad (4-15)$$

4. 降雨致災因子探討

根據 102 年經濟部水利署水利規劃試驗所研究指出降雨致災因子最主要為熱帶擾動（佔 35%，其中颱風 25%，未達颱風等級者為 10%），其次為夏季對流雨（27%），而鋒面雨（19%）居第三。

本計畫建築物雨水貯集系統進行智慧雨洪管理係透過滯洪孔或泵浦操作進行調控，當雨水儲水槽在發生溢流的情況下，會影響智慧雨洪管理操作的效益不佳，故較理想的建築物雨水貯集系統智慧雨洪管理之結果，是不讓溢流的情形發生，而其中雨水儲水槽容量與降雨型態為最大影響因子。

因此，本小節首先將初步針對雨水儲水槽容量與實際累積降雨量所產生儲水槽溢流事件之時間關係進行分析，探討儲水槽溢流事件的發生時間，做為下一小節雨水排放時機與排放量之參考。以營建署(2013)建築技術規則建築設計施工編規定之雨水貯集設計容量 $0.045\text{m}^3/\text{m}^2$ 以及臺北市基地開發排入雨水下水道逕流標準規定之 $0.078\text{m}^3/\text{m}^2$ 等兩種設計容量，採用 2008 年至 2018 年 5~10 月中，以

逕流係數 0.8，基地面積 500 平方公尺，將溢流發生時間區分為 1、2、3、4、5、6 小時以內及 6 小時以上，進行雨水儲水槽容量與累積雨量的時間分析，成果如下表 4-3 及表 4-4 所示。

表 4-3、雨水貯集設計容量 $0.045\text{m}^3/\text{m}^2$ 之累積雨量與時間關係表

年	時間 (月/日/時)	延時 (hr)	累積降 雨量大 於 56mm	溢流 發生 於 1 小時 內	溢流 發生 於 2 小時 內	溢流 發生 於 3 小時 內	溢流 發生 於 4 小時 內	溢流 發生 於 5 小時 內	溢流 發生 於 6 小時 內	溢流 發生 於 6 小時 以上
2008	09/13/06-09/14/08	15	269.5							✓
	09/14/13-09/15/04	15	266.5				✓			
	09/28/06-09/28/21	15	156							✓
2009	06/04/05-06/04/24	20	145							✓
	07/25/15-07/25/17	3	99			✓				
	08/12/15-08/12/17	3	113.5	✓						
	09/28/22-09/29/07	10	122				✓			
	10/05/09-10/05/22	14	63.5							✓
2010	06/21/14-06/21/19	6	102.5					✓		
	08/12/14-08/12/15	2	59.5		✓					
	08/16/15-08/16/16	2	66.5		✓					
	08/30/12-08/30/23	12	106				✓			
	10/21/12-10/21/21	10	100						✓	
2011	06/25/03-06/25/10	8	96.5					✓		
	07/13/13-07/13/17	5	73.5			✓				
2012	06/11/23-06/12/14	16	325.5			✓				
	06/16/14-06/16/17	4	126.5		✓					
	07/16/14-07/16/16	3	66.5		✓					
	08/01/20-08/02/08	13	163.5							✓
	08/12/14-08/12/15	2	86		✓					
	08/30/14-08/30/16	3	59			✓				
2013	05/11/04-05/11/17	14	142.5			✓				
	06/23/16-06/23/17	2	60		✓					
	07/12/23-07/13/06	7	78						✓	
	08/14/17-08/14/18	2	70.5		✓					
	08/20/05-08/20/22	17	75.5							✓
	08/21/04-08/22/05	26	221							✓

	08/23/15-08/23/18	4	134.5		✓					
	08/29/08-08/29/17	10	57							
	08/31/14-08/31/23	10	107.5							✓
2014	05/20/21-05/21/22	26	251.5			✓				
	06/05/23-06/06/05	7	91				✓			
	06/29/20-06/30/02	6	65.5					✓		
	09/21/21-09/22/05	8	92							✓
2015	05/12/04-05/12/07	4	59.2				✓			
	06/14/15-06/14/17	3	64.4		✓					
	07/23/13-07/23/15	3	64.9			✓				
	08/07/24-08/08/11	12	307.8				✓			
	08/18/16-08/18/18	3	88.7			✓				
	08/27/14-08/27/16	3	62.5			✓				
	09/28/14-09/28/24	11	187.2					✓		
	10/02/03-10/02/04	2	58.6		✓					
2016	05/16/06-05/16/08	3	65.9		✓					
	06/17/16-06/17/21	6	81.5			✓				
	09/17/15-09/18/07	17	75.4							✓
	09/27/09-09/27/20	12	173						✓	
2017	05/15/14-05/16/15	26	72.5							✓
	06/02/11-06/02/14	4	144		✓					
	06/03/14-06/03/21	8	153					✓		
	08/02/14-08/02/15	3	100.5		✓					
	10/12/09-10/12/22	13	108.9							✓
2018	07/10/19-07/11/19	12	102.3							✓
	09/08/18-09/08/21	4	140	✓						
場次	51		平均	3.9%	25.4%	19.6%	11.7%	9.8%	5.8%	25.4%

(資料來源：本計畫成果)

表 4-4、雨水貯集設計容量 $0.078\text{m}^3/\text{m}^2$ 之累積雨量與時間關係表

年	時間 (月/日/時)	延時 (hr)	累積降 雨量大 於 97.5mm	溢流 發生 於 1 小時 內	溢流 發生 於 2 小時 內	溢流 發生 於 3 小時 內	溢流 發生 於 4 小時 內	溢流 發生 於 5 小時 內	溢流 發生 於 6 小時 內	溢流 發生 於 6 小時 以上
2008	09/13/06-09/14/08	15	269.5							✓
	09/14/13-09/15/04	15	266.5						✓	

	09/28/06-09/28/21	15	156							✓
2009	06/04/05-06/04/24	20	145							✓
	07/25/15-07/25/17	3	99			✓				
	08/12/15-08/12/17	3	113.5		✓					
	09/28/22-09/29/07	10	122					✓		
2010	06/21/14-06/21/19	6	102.5						✓	
	08/30/12-08/30/23	12	106							✓
	10/21/12-10/21/21	10	100							✓
2012	06/11/23-06/12/14	16	325.5				✓			
	06/16/14-06/16/17	4	126.5			✓				
	08/01/20-08/02/08	13	163.5							✓
2013	05/11/04-05/11/17	14	142.5					✓		
	08/21/04-08/22/05	26	221							✓
	08/23/15-08/23/18	4	134.5		✓					
	08/31/14-08/31/23	10	107.5							✓
2014	05/20/21-05/21/22	26	251.5					✓		
2015	08/07/24-08/08/11	12	307.8						✓	
	09/28/14-09/28/24	11	187.2							✓
2016	09/27/09-09/27/20	12	173							✓
2017	06/02/11-06/02/14	4	144			✓				
	06/03/14-06/03/21	8	153						✓	
	08/02/14-08/02/15	3	100.5			✓				
	10/12/09-10/12/22	13	108.9							✓
2018	07/10/19-07/11/19	12	102.3							✓
	09/08/18-09/08/21	4	140		✓					
場次	25		平均	0.0%	12.0%	16.0%	4.0%	12.0%	16.0%	48.0%

(資料來源：本計畫成果)

結果顯示，蓄洪型式雨水儲水槽容量在中央法規設計容量下約有 5 成降雨事件會於 3 小時內發生溢流，其中以 2 小時內所占比例最高，而台北市法規設計容量下則約有 3 成會於 3~4 小時內發生溢流，其中以 3 小時內所占比例最高，故雨水滯(蓄)設施在不操作且空桶的情況下，約 3~5 成的歷史降雨事件會在短時間內產生溢流，使雨水貯集系統在降雨期間無法有效的發揮削減效益。故針對雨水貯集系統智慧操作模式的操作時機，若以小時為單位進行滯洪排水操作，會因間隔時距過長而無法發揮即時滯洪操作之意義，建議以較小單位時距的資料，如 10

分鐘、20 分鐘……等進行操作，方可實現即時滯洪操作的目的；本計畫為求預測的精確度，降雨預測模型將選擇以 10 分鐘為一筆作為單位時距。

第二節 建築物雨水貯集系統智慧化之雨水排放操作機制模擬

透過本計畫將建築物雨水貯集系統智慧化之雨洪管理架構分為地面式與地下式兩種型式，其滯洪排水設計分別依排水量需求選擇適合的滯洪孔與泵浦進行裝設，並結合互聯網路技術作資訊連結及操作指令，將透過降雨預警在降雨前將儲水槽內的水預先排出，保留空間作為滯洪空間，預計可大幅降低建築物造成的雨水逕流體積。

本節針對建築物雨水貯集系統智慧化之雨洪管理操作機制，分為雨水排放時機與雨水排放量兩個部分進行探討，其詳細內容如后。

(1) 雨水排放時機

藉由前小節降雨致災因子探討結果，當雨水儲水槽發生溢流時將會影響系統雨洪管理之效益；若以小時為單位進行滯洪排水操作，會因間隔時距過長而無法發揮即時滯洪操作之意義，故建議以較小單位時距的資料進行操作；且建築物雨水貯集系統智慧雨洪管理之集雨面積多為建築物的屋頂，集流時間較短，不同於區域尺度的模擬，故本計畫將考量以較小的單位時距 10 分鐘作為建築物雨水貯集系統智慧化之雨水排放的操作時機。

(2) 雨水排放量

目前已有部分政府機關針對基地開發所增加之雨水逕流量，訂定雨水排放量相關的標準規範，如：「臺北市基地開發排入雨水下水道逕流標準」限制最大排放量為 $0.0000173 \text{ cms/m}^2$ ，「新北市都市計畫規定設置雨水貯留及涵養水分再利用相關設施申請作業規範」規定允許放流量為 0.000019 cms/m^2 。

針對本案影響雨水排放量最大的因素有二：一為地面式建築物雨水貯集系統智慧雨水管理的滯洪孔徑，二為地下式建築物雨水貯集系統智慧雨水管理的泵浦型式，以下將針對上述兩因素進行說明探討。

A. 地面式建築物雨水貯集系統智慧雨水管理的滯洪孔徑

影響滯洪孔之雨水排放量的因素主要為滯洪孔型式、孔徑及水頭差(水位)，針對這些影響因素已於本所 107 年度計畫「創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃」中完成探討，由於本年度地面式雨水系統的滯洪孔的設計係搭配控制閘門進行操作，將以圓形的孔口做設計，故其雨水排放量僅需考量孔徑及水頭高兩個因素，其流量計算如(4-16)所示，並需滿足標準法規之最大允許排放量。

$$Q = a \times \sqrt{2gh} \quad (4-16)$$

式中，

Q :孔口出流量(m^3/s)；

a :孔口面積(m^2)；

g :重力加速度(m/s^2)；

h :水位高度(m)。

在此以台北市為例，假設基地面積為 500m^2 ，故最大允許排放量為 $0.00865 (\text{m}^3/\text{s})$ ，針對滯洪孔徑及水頭差進行敏感度分析，其結果如表 4-5 所示。根據分析結果，當滯洪孔徑在 2 吋且水頭差在 1m 以上，以及孔徑 2 吋以上時，雨水排放量將超會過基地面積最大允許排放量，故此案需以 1 吋作為滯洪孔徑設置。

表 4-5、滯洪孔徑與水頭差之敏感度分析

流量(m^3/s)	h(m)							
d	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5
1/2"	0.0004	0.0005	0.0007	0.0008	0.0009	0.0009	0.0011	0.0012
1"	0.0016	0.0022	0.0027	0.0032	0.0035	0.0039	0.0045	0.0050
2"	0.0063	0.0090	0.0110	0.0127	0.0142	0.0155	0.0179	0.0201
3"	0.0143	0.0202	0.0247	0.0286	0.0319	0.0350	0.0404	0.0451
4"	0.0254	0.0359	0.0440	0.0508	0.0568	0.0622	0.0718	0.0803

(資料來源：本計畫成果)

B. 地下式建築物雨水貯集系統智慧雨水管理的泵浦型式

在不同型式的泵浦有不同規格的馬力及最高揚程，係為影響雨水排放量的主要因素，參照本計畫第三章感知層相關設備之蒐集彙整成果選擇所需之規格，再配合設備廠商提供泵浦的特性曲線圖了解設備性能，並可參考台北市雨水流出抑制設施設計參考手冊之關係式，如下：

$$SH_p = 0.222 \frac{Q \times hL}{N_p} \quad (4-17)$$

式中，

SH_p : 馬力(HP)；

Q : 泵浦抽水量(m^3/min)；

hL : 總揚程(m)；

N_p : 效率係數，參考備廠商提供泵浦的特性曲線圖。

同樣以台北市為例，假設基地面積為 500m^2 ，故最大允許排放量為 $0.00865 (\text{m}^3/\text{s})$ ，效率係數設為 0.5，針對泵浦的馬力及揚程進行敏感度分析，其結果如表 4-6 所示。根據分析結果，如總揚成為 10m 的情況下，當馬力在 3HP 以上，其排放量將會超過台北市基地面積最大允許排放量 $0.00865 (\text{m}^3/\text{s})$ ，故選擇 3HP 以下的馬力進行設計即可滿足規範限制。

表 4-6、馬力與揚程之敏感度分析

流量(m^3/s)	h(m)			
馬力(HP)	10	20	30	40
1/4	0.000853	0.000427	0.000285	0.000213
1/2	0.001707	0.000853	0.000568	0.000427
3/4	0.002560	0.001280	0.000853	0.000640
1	0.003413	0.001707	0.001138	0.000853
1 1/2	0.005118	0.002560	0.001707	0.001280
2	0.006825	0.003413	0.002275	0.001707
3	0.010238	0.005118	0.003413	0.002560

(資料來源：本計畫成果)

第三節 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立與分析探討

本章節接續第三章中智慧雨水貯集系統架構設計成果，將系統分為供水標的地面式及滯洪標的地下式的智慧雨洪管理，初步透過設計案例連結實際降雨而進行模擬，探討原系統與改造為智慧管理的差異性，其成果將做為後續示範案例模擬操作之參考。

1. 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立

本計畫將雨水貯集設施區分為供水標的設計地面式及滯洪標的設計地下式，其架構說明如第三章中介紹，示意如第三章中圖 3-3 及圖 3-4。供水標的地面式利用供水量多寡作為容量設計方法，透過孔口以重力方式排放雨水，滯洪標的地下型式則參考滯洪容量相關法規作為容量設計方法，藉由泵浦抽蓄方式排放雨水，故本計畫將兩項不同型式雨水貯集設施結合智慧化概念建立智慧操作模式，採用設計案例模擬驗證，探討雨水貯集設施在智慧操作及原有操作方式下的效益，其供水標的地面式智慧雨洪管理(滯洪孔重力排放)及滯洪標的地下式智慧雨洪管理(泵浦機械抽排)模擬模式建立流程圖如后。

(1) 供水標的地面式智慧雨洪管理(滯洪孔重力排放)

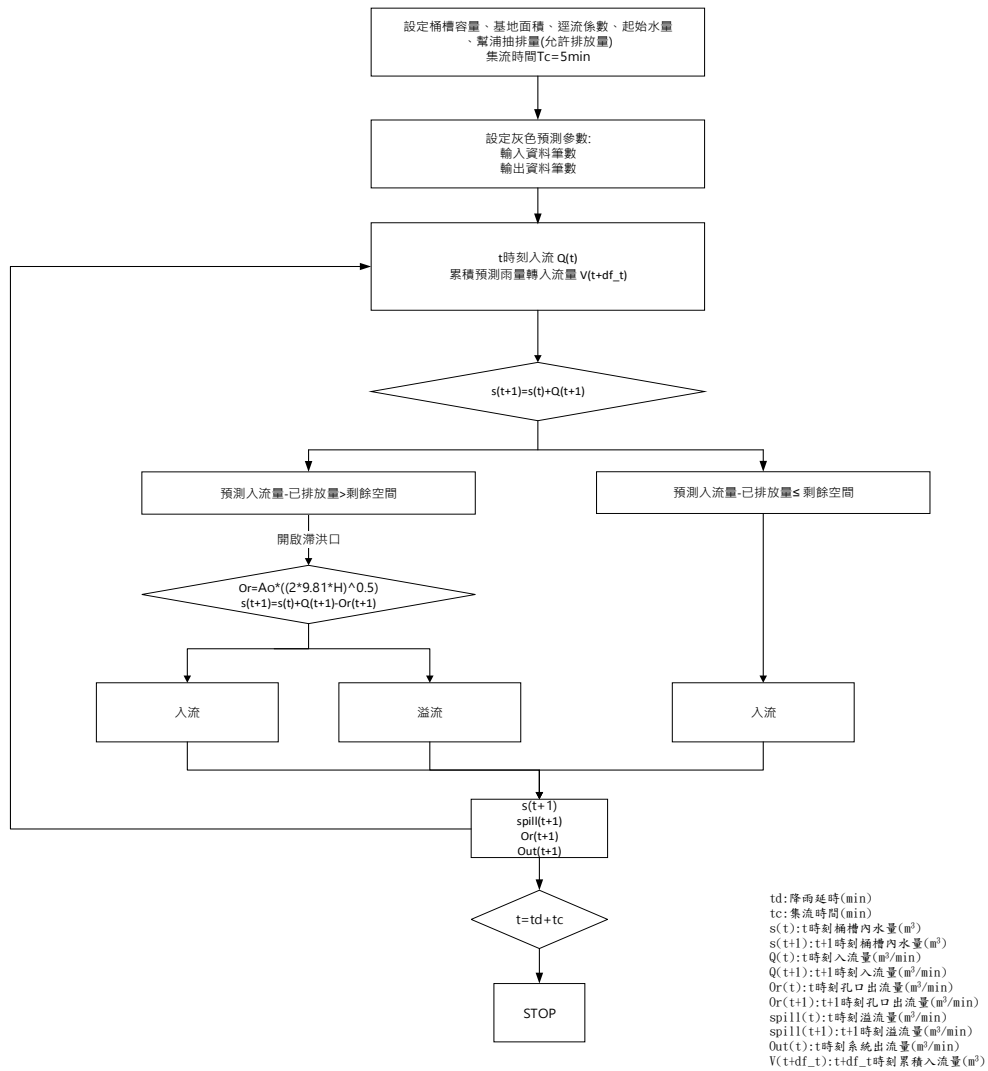


圖 4-2、供水標的地面式智慧雨洪管理(滯洪孔重力排放)模擬模式流程圖
(資料來源：本計畫成果)

(2) 滯洪標的地下式智慧雨洪管理(泵浦機械抽排)

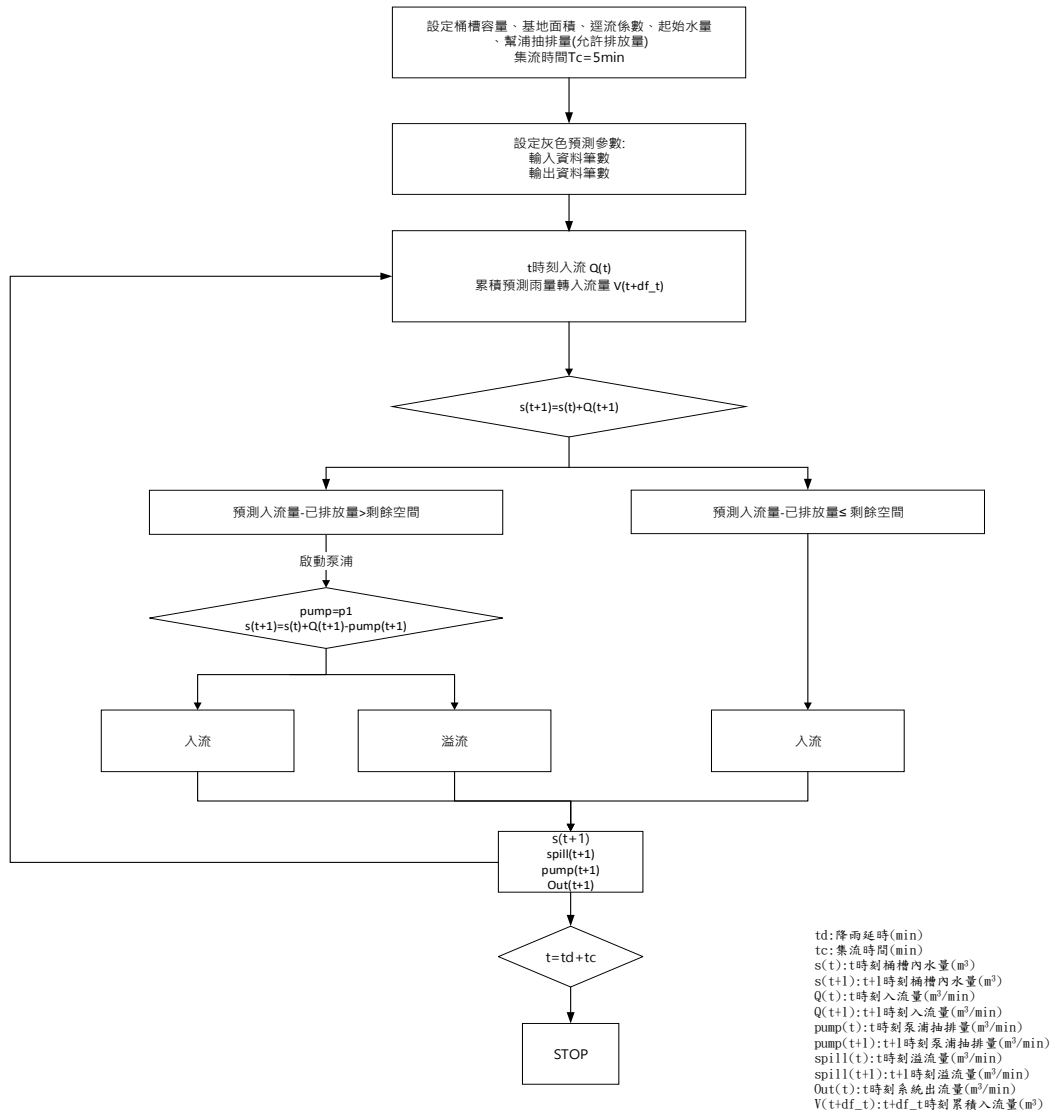


圖 4-3、滯洪標的地下式智慧雨洪管理(幫浦機械抽排)模擬模式流程圖
(資料來源：本計畫成果)

2. 案例設計與實際降雨連結系統模式

本計畫假設一小型建築基地之案例，基地面積為 500m²，基地內建築物所占面積為 350m²，非建築物面積為 150m²，人口數為 100 人，其其它相關地文參數如表 4-7 所示。本案將結合原有排水管線設置雨水貯集設施，以供水標的設計地面式雨水貯集系統，依綠建築評估手冊計算儲水槽容量為 10m³，其基地配置示意如圖 4-4 所示；而以滯洪標的設計地下式雨水貯集系統，依台北市基地開發排入雨水下水道逕流標準設計標準計算儲水槽容量為 39m³，其基地配置示意如圖 4-5 所示。

表 4-7、設計案例之相關地文參數

	建築物	非建築物
佔基地面積比例	70%	30%
逕流係數	0.85	0.5
面積(m ²)	350	150

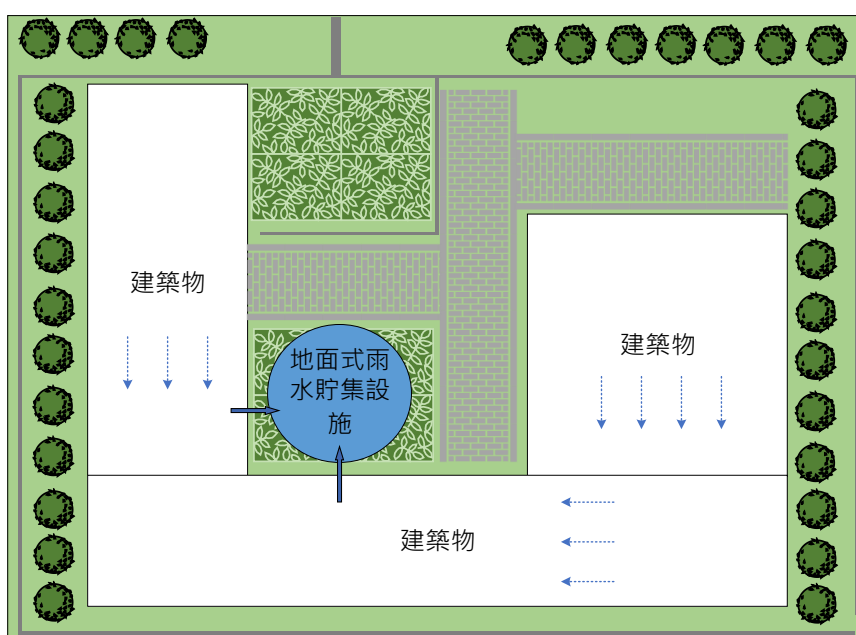


圖 4-4、設計案例之供水標的地面式雨水貯集系統設計示意圖
(資料來源：本計畫成果)

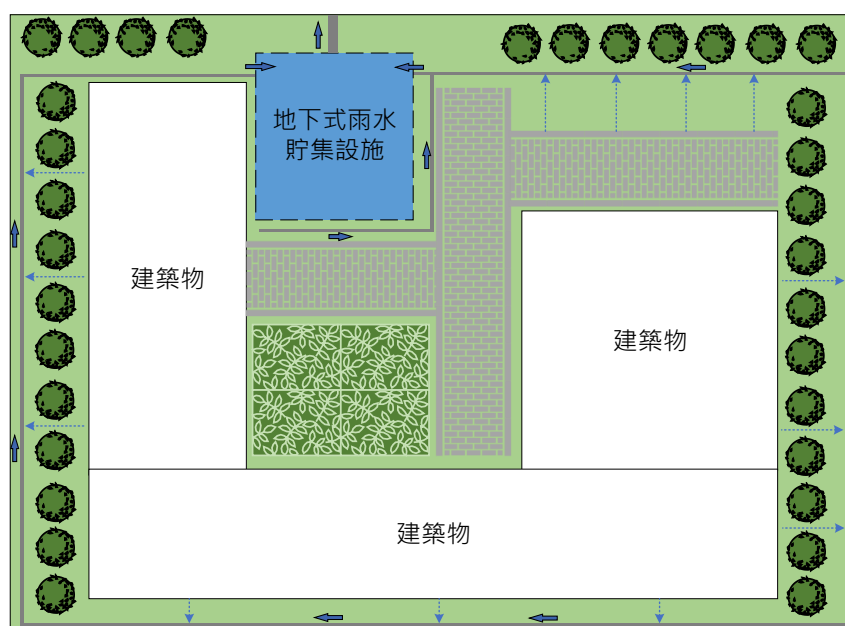


圖 4-5、設計案例之滯洪標的地下式雨水貯集系統設計示意圖
(資料來源：本計畫成果)

本計畫案例初步將透過一場實際降雨事件進行連結，選擇 2015 年 8 月 18 日的一場降雨延時 150 分鐘，總降雨量為 83.5mm 的對流雨，此場降雨為北部因午後對流雲系發展旺盛，氣象局針對雙北市等 11 個縣市發布豪雨特報，此大雨造成台北市 12 件災情，部分路段發生積水及坍方情形，故為本案以此作為設計案例降雨事件之原因，並採用中央氣象局台北雨量測站 10 分鐘時距單位的雨量資料進行模擬。

3. 系統效益評估指標

針對雨水滯(蓄)設施智慧操作模式的效益評估，本研究採用五項指標來探討雨水滯(蓄)設施在智慧操作模式下之效益，說明如下：

(1) 洪峰延遲時間(Flood peak delay time)

評估雨水儲水槽在降雨延時內之洪峰延遲效能，評估指標越大表示延遲時間越長。

$$\text{Flood peak delay time} = t_{out_m} - t_{Q_m} \quad (4-18)$$

t_{Q_m} : 設置前出流時間點

t_{out_m} : 設置後出流時間點

(2) 洪峰削減率(Flood reduction rate)

評估雨水儲水槽在降雨延時內之洪峰流量削減效能，評估指標越大表示削減效益越好。

$$\text{Flood reduction rate} = \frac{Q_m - Out_m}{Q_m} \times 100\% \quad (4-19)$$

Q_m : 設置前最大出流量

Out_m : 設置後最大出流量

(3) 總逕流體積削減率(Volume reduction rate)

評估雨水儲水槽在降雨延時內之總逕流量削減效能，評估指標越大表示總逕流體積削減量越多，效益越好。

$$\text{Volume reduction rate} = \frac{V_Q - V_{out}}{V_Q} \times 100\% \quad (4-20)$$

V_Q :設置前總出流量

V_{out} :設置後總出流量

(4) 蓄水率(Storage rate)

評估雨水儲水槽在降雨延時後之收集雨水效能，評估指標越大表示儲水槽後續供水效益越好。

$$Storage\ rate = \frac{s(t_{end})}{s_{max}} \quad (4-21)$$

$s(t_{end})$:降雨儲水槽內水量

s_{max} :儲水槽容量

(5) 泵浦/孔口操作時間(pump/orifice operation time)

評估滯洪操作型式在降雨延時內的操作時間，評估指標越短表示操作時間較少，效益越好。

$$pump/orifice\ operation\ time = \sum_{t=1}^{t_d} pump(t)/orifice(t) > 0 \quad (4-22)$$

$pump(t)$:泵浦出流量

$orifice(t)$:孔口出流量

4. 模擬成果與修正檢討

地面式的雨水貯集設施容量依供水標的設計藉由降雨事件模擬，原系統於降雨前期即發生溢流現象，洪峰削減率較低，而智慧雨洪管理系統較早排放雨水，溢流發生時間點較晚，且洪峰削減率較大，儘管兩者皆發生溢流，但原系統於溢流後無操作機制，而智慧雨洪管理系統在溢流後仍持續運作，由出流歷線可知其溢流時間較短暫，總降雨延時內出流量大多屬於控制排放，對於後續突如其來之降雨，可望降低影響。

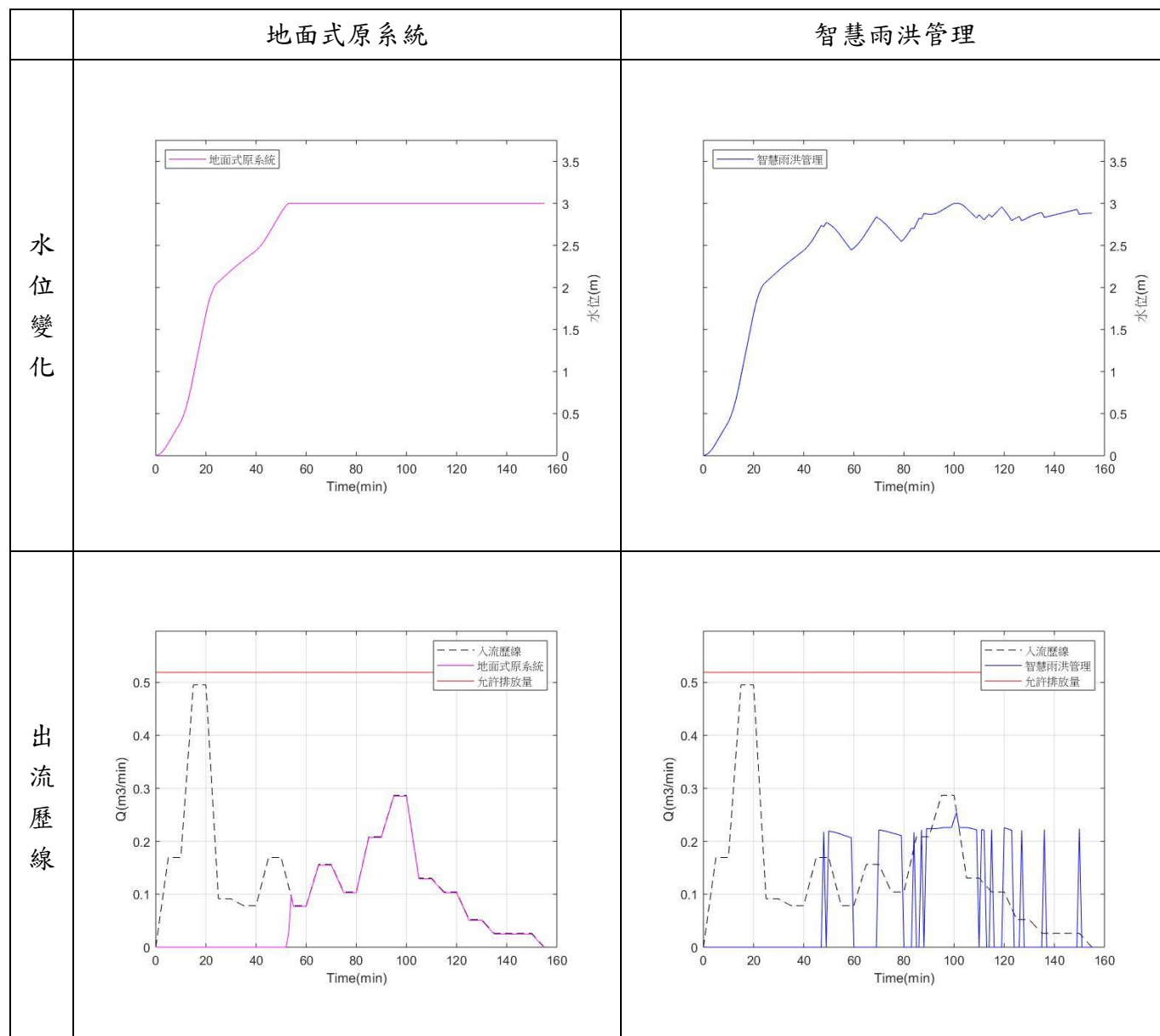
表 4-8、設計案例之地面式智慧雨洪管理模擬成果比較表

型式	系統	洪峰延遲 時間 (min)	洪峰削減率 (%)	總逕流體積 削減率(%)	蓄 水 率 (%)	孔口排洪 時間(min)
----	----	---------------------	--------------	-----------------	--------------	-----------------

地面式	原系統	80	42%	47%	100%	
	智慧雨洪管理	86	49%	45%	96%	54

(資料來源：本計畫成果)

表 4-9、設計案例之地面式智慧雨洪管理模擬成果圖



(資料來源：本計畫成果)

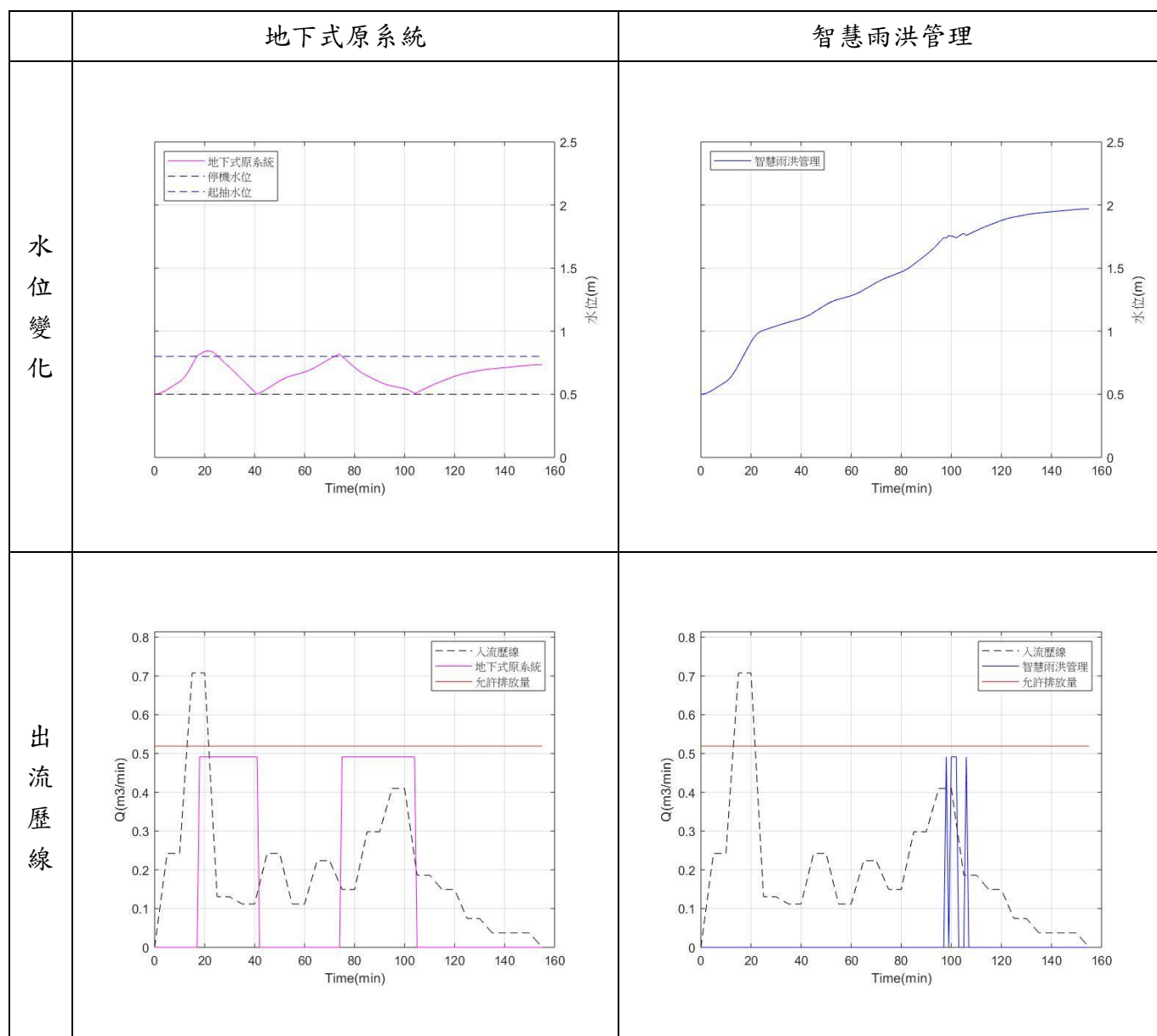
地下式雨水貯集設施容量依滯洪標的設計，其參考台北市基地開發排入雨水下水道逕流標準設計為 39 噸，藉由降雨事件模擬，原系統及智慧雨洪管理系統皆進行抽排，且沒有發生溢流現象，故兩者洪峰削減率相同，然而，智慧雨洪管理系統於降雨後有效減少總逕流體積，並達到較高的蓄水率，且泵浦的操作時間較原系統少，故對於即時的防洪操作及後續的供水效益皆可實現較佳的效果。

表 4-10、設計案例之地下式智慧雨洪管理模擬成果比較表

型式	系統	洪峰延遲 時間 (min)	洪峰削減率 (%)	總逕流體積 削減率(%)	蓄水率 (%)	泵浦操作 時間 (min)
地下式	原系統	3	31%	15%	37%	54
	智慧雨洪 管理	83	31%	92%	98%	5

(資料來源：本計畫成果)

表 4-11、設計案例之地下式智慧雨洪管理模擬成果圖



(資料來源：本計畫成果)

第四節 示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作

本研究選用位於台北市中山區一處之新建工程，其基地如下，已知基地面積為 2339.01m^2 ，建築物面積約為 845m^2 ，基地圖說與地文參數如下圖，並將規範之容量與允許排放量整理如下。



圖 4-6、台北市中山區一處新建工程之示範案例空照圖
(資料來源：Google Earth)

表 4-12、示範案例地文參數彙整表

	建築物 A	非建築物
佔基地面積比例	64%	36%
逕流係數	0.85	0.5
面積	1494	845

(資料來源：盧建霖水利技師事務所)

表 4-13、示範案例規範之設計容量及允許排放量

	雨水貯集設計容量	最大允許排放量
法規標準	$0.078 \times 2339 = 183(\text{m}^3)$	$0.0000173 \times 2339 = 0.0405(\text{m}^3/\text{s})$

(資料來源：盧建霖水利技師事務所)

此案例之排水系統集水區分析圖如下，AA 區域為基地範圍，其中，連接至雨水滯(蓄)設施的排水系統主要收集 AA1 與 AA2 集水區，AA3 集水區由於未連接基地內排水系統，是以漫地流流出至公共排水溝，故在計算雨水滯(蓄)設施的集水面積時，應與基地面積計算有所差異。

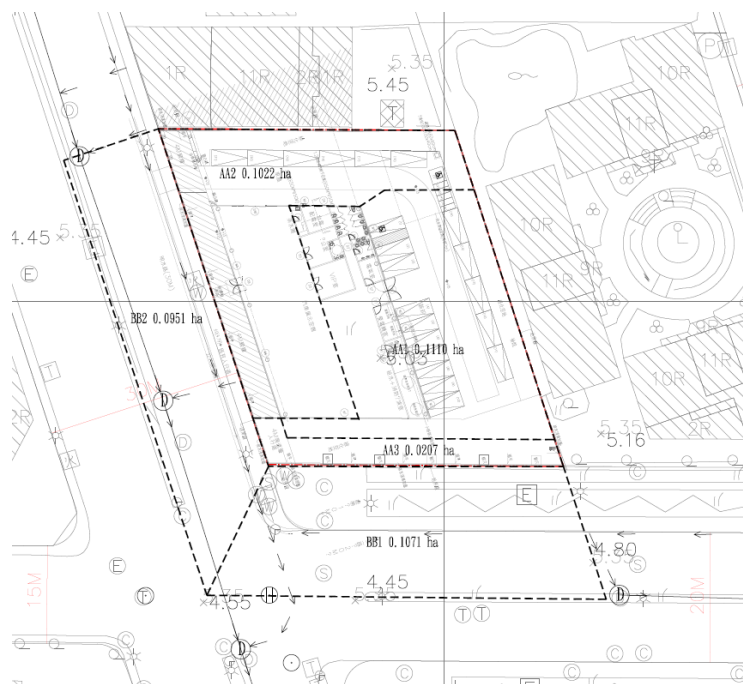


圖 4-7、示範案例排水系統集水區分析圖
(資料來源：盧建霖水利技師事務所)

在基地建築物東北方，設有地下型式之雨水滯留池，容量為 196.96 m^3 ，底面積為 82.86 m^2 ，高度為 2.4 m ，設有三台泵浦進行被動操作，其中一台為備用泵浦，其起抽水水位及停機水位分別為自池底向上 0.8 m 及 0.5 m ，揚程為 4 m ，另外，本案例設有電動閥，滿水位時自動關閉電動閥，使雨水無法流入滯留池，可避免在地下產生溢流淹水，其詳細設計圖說及相關參數如下。

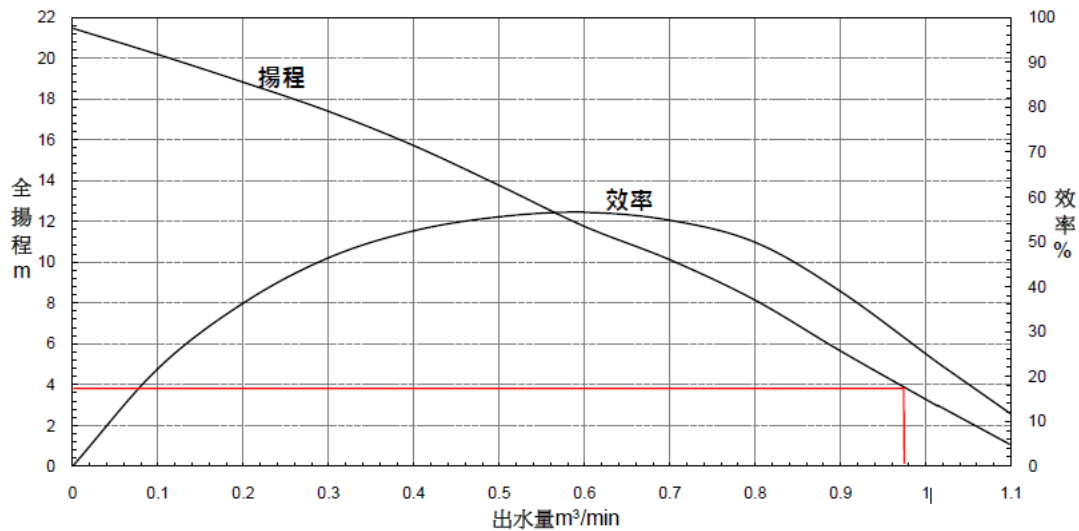


圖 4-8、示範案例泵浦性能曲線

(資料來源：盧建霖水利技師事務所)

表 4-14、示範案例雨水儲水槽及泵浦相關參數

儲水槽容量(噸)	數目	高度(m)	泵浦抽排量(m^3/s)
198.86	1	2.4	$0.0163 \times 2 \div 0.0325$

(資料來源：盧建霖水利技師事務所)

透過感測設備連結 I/O 模組進行數據接收，並輸出至控制器，再由數據交換器轉換格式於現場顯示器輸出系統資訊或透過閘道器傳輸資訊至雲端平台及伺服器接收端進行資料彙整分析，其感測層整體連結流程架構大致可如圖 4-9 示意。

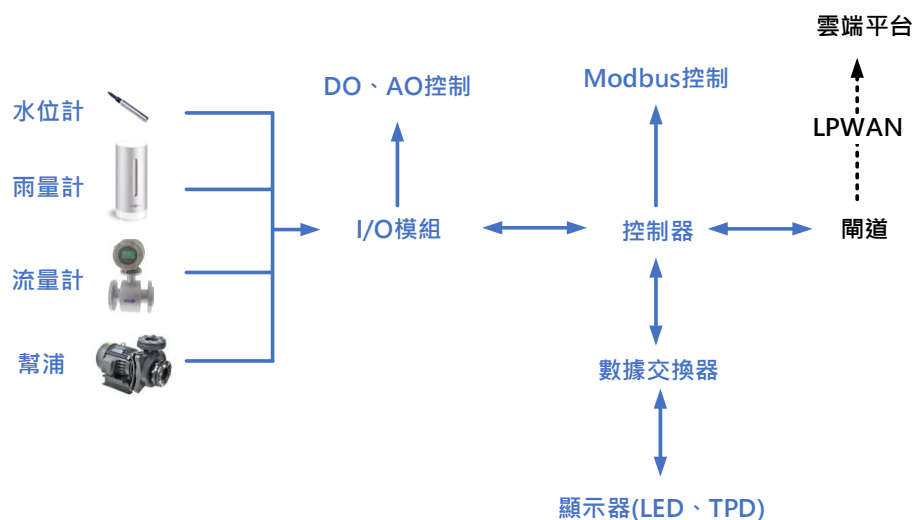


圖 4-9、示範案例雨水貯集系統智慧化雨洪管理之感測層流程規劃架構圖

(資料來源：本計畫成果)

利用過去 10 場台北降雨事件，以不同參數配置型態之預測模式，針對每場降雨事件的洪峰延遲時間、洪峰削減率、總逕流體積削減率、蓄水率，探討實際案例的雨水滯(蓄)設施在被动操作模式與智慧操作模式下的效益，其成果如下所示。

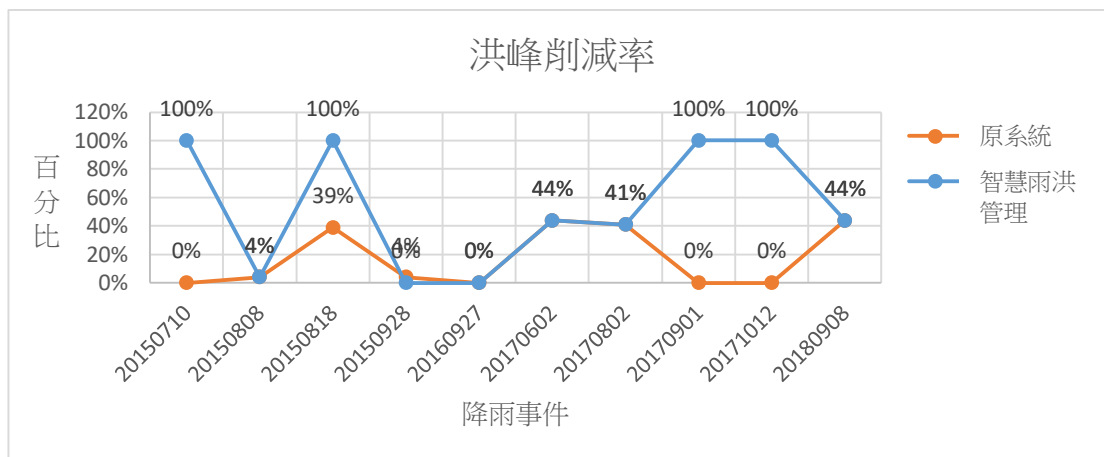


圖 4-10、示範案例原系統與智慧雨洪管理之洪峰削減率比較表
(資料來源：本計畫成果)

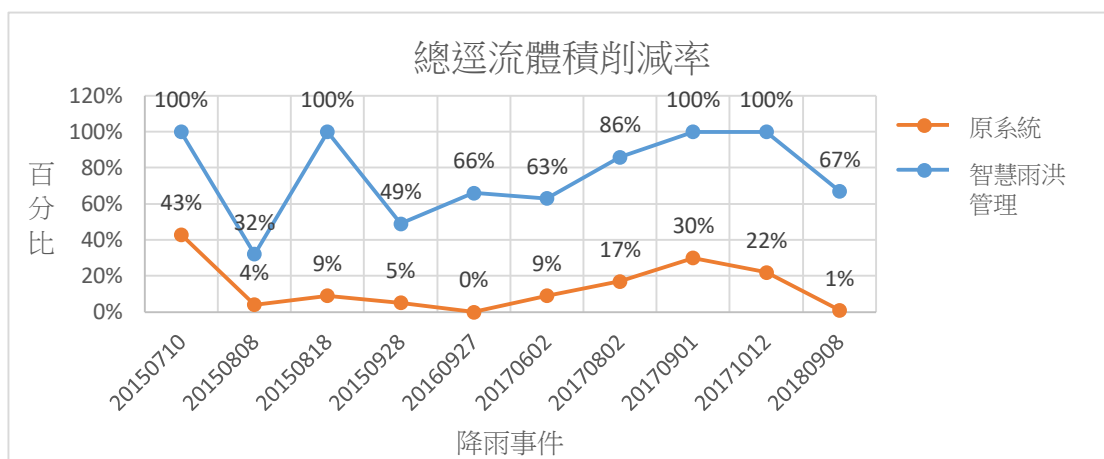


圖 4-11、示範案例原系統與智慧雨洪管理之總逕流體積削減率比較表
(資料來源：本計畫成果)

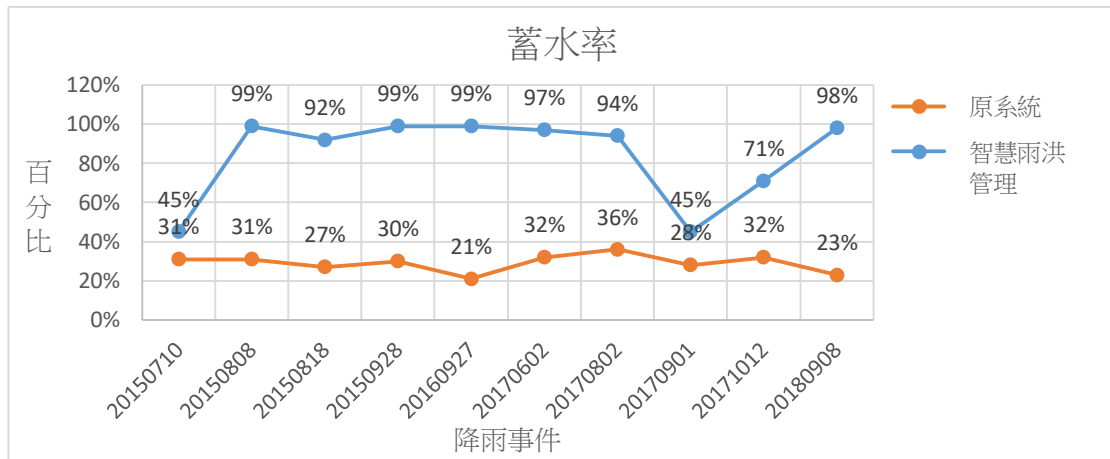


圖 4-12、示範案例原系統與智慧雨洪管理之蓄水率比較表
(資料來源：本計畫成果)

表 4-15、示範案例平均效益彙整表

系統別 \ 評估指標	洪峰削減率	總逕流體積削減率	蓄水率
智慧雨洪管理	53%	76%	84%
原系統	18%	14%	29%

(資料來源：本計畫成果)

在此設定下，以 10 場降雨事件的平均而言，洪峰延遲時間部分，由於兩種操作模式均屬控制排放，洪峰延遲不明顯，但均實現逕流控制效益；洪峰削減率部分，由於泵浦抽排量較大，洪峰削減率均較不佳，智慧操作模式可達到 53%，而被動操作模式僅有 18%；總逕流體積削減率部分，智慧操作模式達到 76% 的削減程度，被動操作模式由於持續排放的因素，總逕流體積削減率不到 20%；蓄水率部分，智慧操作模式下，儲水槽的蓄水率可以達到 84% 的效益，可在降雨延時後儲存較多的雨水，利於後續供水使用，而被動操作模式蓄水率僅 29%。

第五章 結論與建議

本計畫針對智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究之相關課題進行探討及內容編撰，其完成工作項目說明如后。

第一節 結論

壹、完成建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備及其資訊蒐集，並進行設備型式探討與遴選之建議以及系統架構之設計

本研究針對國內外互聯網路相關案例進行蒐集，統整政府機關、電信商、國內外期刊與研究發表之文獻、相關案例及相關廠商型錄或廠商提供的相關資訊進行蒐集彙整，並將智慧雨水貯集系統之系統架構分為感知層、網路層與應用服務層；感知層包含 SIP 高階封裝技術、感測及辨識技術、低功耗處理器…等，網路層分為訊息傳輸網路與雲端運算或伺服器資料中心，應用服務層則為各類加值智慧應用，本案更針對其民眾使用端及維護管理端完成需求項目及相關內容之研擬。

智慧雨水貯集系統在感測層所需增設的相關設備包括水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、泵浦、控制設備…等。本計畫在建築物雨水貯集系統智慧化之互聯網路感知層相關設備蒐集，主要針對感測設備的部分，包括水位計、流量計(智慧水錶)、雨量計、泵浦等 4 個項目，其相關設備資訊彙整成果可供未來實務裝設規劃之參考。

貳、完成降雨量預測方法遴選比較，以及降雨致災因子探討

根據國內外降雨預報及防災預警方式之相關文獻蒐集成果，降雨量預測方法主要可以分為雷達降雨量預測方法及統計理論預測方法，雷達降雨量預測方法係透過雲層的回波數值與降雨量關係式進行運算，主要可分為雷達預測與數值預測 2 種；而統計理論預測方法主要係透過降雨量及其他影響因子進行計算，本計畫將常用的方法分為模糊理論、類神經網路及灰色理論等進行分析探討。針對降雨量預測方法比較，在空間尺度上，雷達預測雖有良好的降雨空間分布，但小基地

需要透過程式的撰寫才能獲取特定網格區域的降雨預報資訊，而網格邊界條件問題亦會影響雷達預測模式演算；在時間尺度上，雷達預測提供最短的降雨時距之降雨量預報資料為 1 小時，較不適用於建築物或區域尺度的雨洪管理操作；另外，雷達、模糊理論、類神經網路三種降雨量預測方法的模式運算之輸入端需考慮許多降雨因子，然灰色理論降雨量預測方法僅需以單一變量進行預測，資料取得也較其他三種方法容易，並經多次專家諮詢會議討論，故本案選擇以灰色理論作為降雨預測方法。

根據 102 年經濟部水利署水利規劃試驗所研究指出降雨致災因子最主要為熱帶擾動（佔 35%，其中颱風 25%，未達颱風等級者為 10%），其次為夏季對流雨（27%），而鋒面雨（19%）居第三。本案針對雨水儲水槽容量與實際累積降雨量所產生儲水槽溢流事件之時間關係進行分析，探討儲水槽溢流事件的發生時間，做為雨水排放時機與排放量之參考。結果顯示，雨水滯(蓄)設施在不操作且空桶的情況下，約 3~5 成的歷史降雨事件會在 1~5 小時內產生溢流，使雨水貯集系統在降雨期間無法有效的發揮削減效益。故本計畫將考慮較小單位時距的資料，選擇以 10 分鐘為一筆作為單位時距，方可實現即時滯洪操作的目的。

參、完成建築物雨水貯集系統之防災預警及雨水排放操作機制研擬， 雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，以及示範案 例遴選、程序規劃與模式模擬操作

本計畫將建築物雨水貯集系統智慧化之雨洪管理架構分為地面式與地下式兩種型式，其滯洪排水設計分別依排水量需求選擇適合的滯洪孔與泵浦進行裝設，並結合互聯網路技術作資訊連結及操作指令，將透過降雨預警在降雨前將儲水槽內的水預先排出，保留空間作為滯洪空間，並透過設計案例與示範案例連結實際降雨而進行模擬，探討原系統與改造為智慧管理之差異。

設計案例成果顯示，智慧雨洪管理系統於降雨後有效減少總逕流體積，並達到較高的蓄水率，且泵浦的操作時間較原系統少，對於即時的防洪操作及後續的供水效益皆呈現較佳效益。示範案例透過初步遴選而選擇台北市中山區某新建工程之雨水貯集滯洪設施，透過系統架構之程序規劃而進行模式模擬操作，其模擬

成果在洪峰削減率、逕流體積削減率、蓄水率及泵浦操作時間等效益評估指標皆優於原系統，其成果可做為未來案例進行實地裝設之驗證參考。

第二節 建議

建議一

智慧物聯網雨水貯集系統建構與示範點測試：短中期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本年度已完成雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立，能夠及時掌控降雨情況並進行智慧排水，後續建議進行智慧貯水貯集系統之實際案例裝設並進行驗證，使建築物雨水貯集滯洪設施實施警戒操作，提高社區(建築)自主防災能力，提前針對豪大雨進行減災操作，減少都市淹水損失。

建議二

建立社區或區域尺度之智慧物聯網雨水貯集系統：長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

長期建議應強化其應用及加值效益，透過無線感測技術、雲端運算、大數據分析及降雨預警通報機制進行整合，建立社區智慧雨洪管理物聯網，提升洪災預防與應變的機能，使社區雨洪管理朝向智慧化；進而將社區智慧雨洪管理物聯網層級，逐步提升至區域層級，再往上擴充到縣市政府層級的智慧雨洪管理，提供主管機關研擬相關政策之參考及實務界設計之依據。

附錄一 審查會議

內政部建築研究所 108 年度

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作 模擬研究」協同研究計畫案

期初審查會議 審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	為確保研究示範場域的獲得，建議於研究初始即邀集相關單位徵集，期望研究成果能確實應用。	感謝委員建議，本案將於研究開始積極與地方政府或相關單位爭取協助，以確立後期研究示範案例之應用。
2	配合資安法規實施建議，智慧技術的開發及設備應用，宜注意協力廠商之資格檢視。	感謝委員建議，將遵照辦理。
3	請教本案之未來發展銜接規劃。目前已有虛擬電廠的研議，本案如能會商實施也可能有虛擬水庫的功能。	感謝委員意見，本案將雨水貯集系統整合智慧物聯網，可作為單一建築雨洪管理連結多棟建築之媒介，未來可朝虛擬水庫或滯洪設施進行規劃。
4	目前建築法規針對基地保水及防洪分別訂有專章認證，本案雨洪管理設備及系統的建置是否分別處理。	感謝委員意見，本案主要係針對雨水貯集系統之防洪效益，並同時參考相關法規，而系統暫不考慮基地保水之項目。
5	目前建築智慧監控系統並未普及，本研究針對管理操作的使用對象為何？如何運作以利建築基地防洪管理。	感謝委員意見，目前多數雨水貯集系統案例係為供水、防洪分開設計，若為舊有系統，將考慮透過串連方式增設並設置智慧監測系統；未來新建系統希望係透過並聯設計作為智慧雨水貯集系統之操作管理。

6	P.14 及 P.18 就防災預警滯洪空間預留操作，預估多大雨量及多大規模的雨水貯留空間操作這物聯網模式，達預警預排水滯洪功效？	感謝委員意見，本案主要係透過降雨預測降雨量進行雨水桶槽預排水操作，如桶槽內空間足以容納預測降雨量，則不進行抽排水；如桶槽內空間不足，才進行抽排水。原則上操作時機為雨季時期以防洪為目的，非雨季時期則以供水為目的。
7	工作項目之示範案例選取是否已規劃？	感謝委員意見，本案將於研究初始積極與地方政府或相關單位爭取協助，以確立後期研究示範案例之應用。
8	P.21 工作流程內雨水貯集與物聯網操作管理模式建立與修正，若未操作其修正之依據為何，又其期程是否足夠？	感謝委員意見，雨水貯集與物聯網操作管理模式建立後，前期將透過假設案例進行模擬操作，進而修正檢討，後續才針對既有案例或示範案例做模擬與規劃建議。依研究進度時間與排程，時間上應是足以完成本案之工作項目。
9	本計畫內擬建置平台是否已初步設定使用機關為何？	感謝委員意見，本案為初步研發、測試階段，技術尚未成熟，故尚未考慮其使用機關；未來待技術成熟，考慮將相關技術運用在社區、區域性尺度或地方政府，將由管理單位或防災中心等進行操作管理。
10	QPESUMS 為格網狀之雨量輸出，若已知貯洪設施之相關位置，用於雨量預報是否較為方便(可由官方機構申請介接)。	感謝委員建議，本案後續將比較分析各種降雨預測方法，包含雷達預測、類神經網路、模糊理論及灰色預測等，選擇本研究模擬模式適用之方法。

11	P.18 提及可透過預警系統。在降雨前將貯水槽內之水先排出，可否說明一下，原則上的時機如何決定。	感謝委員意見，本案主要係透過降雨預測降雨量進行雨水桶槽預排水操作，如桶槽內空間足以容納預測降雨量，則不進行抽排水；如桶槽內空間不足，才進行抽排水。原則上操作時機為雨季時期以防洪為目的，非雨季時期則以供水為目的。
12	貯水系統之入流口有沒有考慮增設閘控系統，以控制雨量大於某一標準值並推估後續還有降雨時再開放入流，以確實降低洪峰量。	感謝委員意見，如為地下型雨水貯集設施，為防止在貯水設施滿水位時無處宣洩且造成系統持續抽排水，故會遵照「建築技術規則」，於入流口增設閘控系統。
13	有關排水時間要如何決定，是由 AI 產生或由管理單位下令？其排水量又受下游下水道或設備等限制，若多個時，如何考量優先順序？	感謝委員意見，由於 AI 需巨量資料作為基礎，需花費大量時間進行蒐集彙整，目前本研究主要透過模擬模式的判斷式做為操作機制。雨水排放量將參考中央或地方所訂定的允許排放量作為依據。
14	智慧水管理要求 AI 民眾有感知部分建議再優化，另外要求低功耗低成本部分，日常規劃之感知端成本非常高，建議再思考。	感謝委員建議，本研究後續將遵循委員建議，朝低功耗、低成本之原則進行規劃設計。

內政部建築研究所 108 年度 「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作 模擬研究」協同研究計畫案

期中審查會議 審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	P.11 圖 1-8、研究流程圖中，應包括<召開座談會>及<最後分析規劃修正>，請補充。	感謝委員意見，<召開座談會>已於專家諮詢與調查的項目中說明；<最後分析規劃修正>已於雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式建立與模式修正中說明。
2	P.12 圖 1-9、研究進度甘地圖，建議增加契約規定日期及與實際提送日期以總表方式呈現，俾利對照目前契約執行進度。	感謝委員建議，已依照意見進行修正。
3	P.23 提及<…目前已有明文規定為「中央管區域排水計畫書審查作業要點」…>，惟該要圖經濟部水利署已於 108 年 2 月 1 日公告廢止，目前是依據 108 年 2 月 19 日公告之「出流管制計畫書與規劃書審核監督及免辦認定辦法」，請修正。	感謝委員意見，已依照意見進行修正。
4	P.39 提及需將系統進行改造與新設相關設備，建議於期末報告時增列改造與新設相關設備之費用。	感謝委員建議，由於改造與新設設備除感測器之外，還包含通訊技術的相關設備，因涉及較廣且牌價取得不易，故本年度計畫暫未對其費用進行探

		討。
5	P.46 表 3-4、感測設備之水位計相關設備彙整表中，建議增列使用年限及購置費用。	感謝委員建議，本計畫主要針對相關設備特性、優缺點及遴選原則進行說明，購置費用的部分回答如上題。
6	P.47 浮球式 RFLS-35 防護等級寫 IP67 IP68，請確認是那一個等級。	感謝委員意見，浮球式 RFLS-35 水位計分為兩種產品型式，故分兩種不同的防護等級。
7	P.61 提及灰色理論預測針對較長遠的時間點進行預測，預測精準度會大幅降低，請問長遠的時間是多少？如何克服？本計畫採用此方式預測是否妥適？請補充說明。	感謝委員意見，灰色理論預測在初步探討結果係透過 10 分鐘一筆降雨數據，以三筆數據預測下一筆降雨量的方式預測準確性最高；而針對較長遠時間點預測之準確度會大幅降低之問題，係針對一次預測兩筆降雨量的型式會比較不準確；如同 QPESUMS 預測以小時為單位預測 1 小時較準確，而預測 3~12 小時則準確性較低。本計畫選擇灰色理論的預測方法經多次專家諮詢與座談會，在時間、空間特性與未來實際應用之考量，認為係較妥適的預測方法。
8	P.69 僅採用台北市標準來進行降雨致災因子探討是否客觀？因各縣市的地形、地貌皆不同，請再評估。	感謝委員意見，本案目前先針對相對降雨量較豐沛的地區進行模擬示範，未來可再針對不同地區或其他條件進行評估與實際測試，使系統應用上的數據資料更加完備。
9	P.70 提及成果如下表<3-3>及表<3-4>，請修正為<4-3>及<4-	感謝委員意見，已依照意見進行修正。

	4>。	
10	P.77 第五章 後續工作內容中，建議增加座談會，且期末報告時應補充其效期並以量化方式呈現。	感謝委員建議，將遵照辦理。
11	資料之蒐集與分析已相當完善。	感謝委員肯定。
12	專家諮詢會議建議邀請興創新知能公司參加，該公司為國內關注物聯網發展之新興企業，已累積許多物聯網規劃，設計之實績。	感謝委員意見，將遵照辦理。
13	本案示範案例之擇定，建議挑選曾推行過水患自主防災社區與韌性社區之村里(如台南市麻豆埤頭里)，期待在以往的既有成果基礎上，引介新技術、新工具、新觀念給社區居民，持續精進防災工作。 承上，本案的成果建議以示範案例之具體實務規劃為呈現亮點。	感謝委員建議，目前以已完工的建築滯洪設施、未來實際裝設的便利性、降雨量較大的地區與相關資料易取得者優先考慮，擬先透過台北市已完工的流出抑制設施之案例進行遴選。
14	雨水貯集須考量儀器成本、通訊費率及雲端應用，須綜合考量效益分析後才採行。另外，有些設備可改裝採 Gateway 實行也是一種方法。	感謝委員建議。
15	IOT 是趨勢，但對水利領域如何智慧調控才是 domain 可導入物理及 AI 模式的關鍵，建議納入雲端調控想法。	感謝委員建議，未來在實地裝設將會參考委員的想法進行討論。
16	建議善用營建署、水利署各項	感謝委員建議。

	暨測(水位計、雨水下水道、路面淹水、雨量計…)去強化雨洪管理分析參數，透過示範場域 data 去 demo 智慧管理及調控作為。	
17	對於預報降雨模式與模型的降雨建議 P.60 之比較分析應再加強，將需求說得更完整，如 10 分鐘的需求，並增加優缺點。	感謝委員建議，將於報告中補充說明。
18	本計畫究係要用那些感測設備?雨量站?水位站?泵浦?控制器?讀規劃說明。	感謝委員意見，相關內容已進行補充。
19	提醒感測器設備須考量未來設備維護，資料傳輸穩定性，介面展示等。	感謝委員建議，未來實地裝設將會針對此議題再進行討論。
20	建議本計畫的示範案例盡速規劃，以利後續評估操作。	感謝委員建議。
21	目前的規定多已要求建築物設置滯蓄空間，惟於管理上多無法落實，對於此系統之變動及後續管理機系，公私關係請補充建議。	感謝委員意見，目前考慮透過公有住宅先進行示範案例的裝設，由於私人建築牽涉法律與屋主意願性等因素，需於未來長期規劃中深入討論。
22	對流雨的預測因尺度小，極難預測，請說明如何針對該降雨進行預測及後續運用操作。	感謝委員意見，本計畫透過 10 分鐘小時距的灰色理論進行預測並模擬對流雨型態的降雨，故應能解決此問題。
23	智慧控制於設備狀態之感測是否也可列為重點，設備斷訊問題如何解決(ex.內湖網球場地下停車場積水事件)。	感謝委員意見，未來針對感測儀器裝設與資料整合平台中考慮增加錯誤警示，以解決設備斷訊之問題。
24	目前雨水儲留雖廣泛設置，但缺乏管理，若能以 IOT 連結配	感謝委員意見。

	合防汛資訊操作，對都市水情是一大利多。	
25	儲留設施有分公有及私有，且量體小數量多，不易管理，且不易留下操作紀錄，甚至有些未操作，以 IOT 連結建議篩選示範社區試辦較易成功，因為不應只是技術面可行，操作面也應可行才好。	感謝委員意見，後續會將委員意見作為示範案例遴選之考量。
26	P.3 滯洪池是大水量，雨水儲留是小水量，二者儲水機制及管理觀念差異甚大，進出流管制也不同，因此儲留設施對洪峰或淹水時的助益目前並不明顯，其機制應先了解。	感謝委員建議，本計畫後續將針對洪峰削減率、總逕流體積削減率等進行評估考量對於淹水時的助益。
27	P72，5 成降雨事件儲留設施在 3 小時內會發生溢流，主因可能為當雨開始下時，儲留設施就已經開始儲水，當雨正下大時，儲留設施已開始溢流，如此不但沒有減輕排水系統負荷，反而與都市洪峰到達同一時間，更增加排水負荷，IOT 連結是期待的大方向。	感謝委員意見。
28	IOT 連結操作應結合防災資訊之即時資料。	感謝委員意見。
29	該智慧雨水貯集系統模式有無辦法與相關審計會議時，協助檢驗建築物或基地雨水貯集量及允許排放量參考程序或準則？	感謝委員意見，透過監測設施的裝設可作為後續檢驗建築物或基地的雨水貯集量；而允許排放量的計算目前主要是透過泵浦裝設的規格所計算，若透過監測設施的裝設，後續定能

		檢驗其實際的排放量是否符合相關規定。
30	該系統預估後續管理維護費用多少？	感謝委員意見，由於直接與間接成本計算不易，本案目前未對其進行考量。
31	水利或土地主管機關如何透過雨水貯集系統與智慧互聯網，進行常態性稽查及管理？	感謝委員意見，本案目前針對雨水貯集系統進行智慧互聯網的規劃設計，待後續實際操作成果與數據資料分析探討，可研提相關主管機關之應用方式。
32	文書排版及錯字部分 P.4 貳、1.文獻蒐集-透過…相關計「劃」校正錯字 P.12 本年度研究進度甘「地」圖，校正錯字 P.23 設計流量範圍介於 0.85 倍允許放流量及允許放流之間，請在確認描述是否有誤。	感謝委員意見，將針對委員問題進行討論修正。
33	可參考尚未開放之雷達降雨量預測方法，或嘗試連結國家網路之 QPESUMS 資料來源，可望改變本案原本設定的預測方式。	感謝委員建議，經專家諮詢與座談會知各方意見，由於在實際 QPESUMS 預測資料連結會存在稽延及網格問題，故選擇以灰色理論作為預測方法。
34	可否提出維護管理相關辦理方法，使本案內容更加完整。	感謝委員建議。
35	本署進行洪水演算時，有使用氣象局預報產品時，會將產品組合使用，如前幾小時使用 QPESUMS，後版使用 QPF，但不同地區對不同產品的信心度不同，經驗可供參考。	感謝委員提供寶貴意見。

36	建議的模式演算的時間也放入到報告。	感謝委員建議。
37	p19 相關法令及技術規範，請補充新頒訂之「建築物設置透水保水或滯洪設施適用範圍及容量標準」。	感謝委員意見，相關內容已進行補充。
38	該計畫與本所目前辦理之「建築物設置透水保水或滯洪設施相關技術參考手冊之研究」相關內容或有可借鏡處，建議未來研究過程中可互相參酌及應用。	感謝委員建議。
39	本計畫在降雨預報及預警方式，以及雨水貯集系統之資料蒐集與國內外文獻探討分析相對單純。如何建立適當之智慧物聯網系統架構，蒐集及套入示範案例之資料進行模式模擬操作分析才是關鍵。	感謝委員建議，本案研擬智慧物聯網系統架構除針對資料蒐集與國內外文獻探討外，多次透過專家諮詢、座談會與工作會議等方式而建立系統架構，未來在示範案例裝設後，將會進行後續驗證與檢討修正。
40	基於以上論點，P.12 工作項目中之示範案例遴選及其程序規劃與模式模擬操作應盡可能提前執行。	感謝委員建議。
41	P.77 之後續工作，前兩項之設備探討遴選及使用端需求內容可簡單加速，智慧物聯網系統之模擬模式建立較為關鍵，而及早遴選及套入示範案例之資料進行系統模式模擬，以便於驗證及調整或修正操作機制或系統最為重要。	感謝委員建議，本案研擬智慧物聯網系統架構除針對資料蒐集與國內外文獻探討外，多次透過專家諮詢、座談會與工作會議等方式而建立系統架構，未來在示範案例裝設後，將會進行後續驗證與檢討修正。
42	可嘗試以社會住宅做為示範案	感謝委員建議。

	例操作。	
43	建議在本案後續操作模擬時需考量維護管理方面的問題。	感謝委員建議，目前先針對操作模擬所需數據而進行規劃設計，待未來示範案例實地裝設後，可針對維護管理問題進行討論與建議。
44	未來執行面向要清楚，應呈現本案可對多少建築物或社區尺度發揮功能與效益，如社會住宅，才進而針對其成果做操作。	感謝委員建議，將列入未來執行討論之方針。

內政部建築研究所 108 年度

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作 模擬研究」協同研究計畫案

期末審查會議 審查意見及廠商回應一覽表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	本研究案已到期末報告了，為何摘要內容中<重要發現>及<主要建議事項>是待續？是否符合契約規定？	感謝委員建議，已針對委員建議完成修正。
2	P.15 國內雨水貯集系統相關研究內容中，建議可以採用列表方式呈現。	感謝委員建議。
3	P.22 都市雨水逕抑制對策內容中，建議將相關收集資料改以列表方式呈現。	感謝委員建議。
4	P.59 表 3-8、感測設備之水位計型式差異性比較表中，建議增列不同型式的建築物選擇型式。	感謝委員建議，本案針對不同型式的水位計特性與優缺點進行比較說明，可提供未來雨水貯集系統裝設規劃之參考。
5	P.61 表 3-9 感測設備之流量計型式差異比較表中，建議應將建築物型式納入考量。	感謝委員建議，本案針對不同型式的流量計特性與優缺點進行比較說明，可提供未來雨水貯集系統裝設規劃之參考。
6	P.64 表 3-10 感測設備之雨量計型式差異性比較表中，建議將不同建築物型式適合用那一種納入表中。	感謝委員建議，本案針對不同型式的雨量計特性與優缺點進行比較說明，可提供未來雨水貯集系統裝設規劃之參考。
7	P.66 圖 3-6 智慧雨水貯集系統	感謝委員建議，本案在應用服

	應用服務層之民眾使用端介面示意圖中： (1) 請補充說明民眾如何使用？是否需教育訓練，或是有影片教學。 (2) 是否能用手機 APP 方式下載使用？ (3) 建議應收集民眾想使用的資訊，以做為設定需求項目之依據。	務層針對民眾使用端與維護管理端研擬其需求項目，由於多數民眾對於雨水貯集系統的認知仍為收集雨水並作為沖廁或澆灌利用，而對於整合物聯網與滯洪的觀念較不清楚，故目前研擬的民眾使用端介面之內容係透過專家諮詢會議中討論的成果，待未來實際案例裝設與測試後，可再進行需求項目的調查與修改。
8	P.93 第四節 示範案例遴選、程序規劃與模式模擬操作內容中，請補充說明如何遴選示範區，建議詳列整體遴選、程序規劃與模式模擬操作流程。	感謝委員建議，相關內容已補充於期末審查報告中說明。
9	P.96 請補圖號。	感謝委員建議，已針對委員建議進行修正。
10	P.97 實際案例效益評估表及逕流體積削減率建議改為彩色。	感謝委員建議，將遵照辦理。
11	P.98 實際案例蓄水率中： (1) 建議改為彩色。 (2) 請問 2017.09.01 為何特別低？請補充說明。 (3) 內容提及<…實際上這兩個評估指標在被動操作模式的效益應為 0%。>請問為何 0%，請補充說明。	感謝委員建議，本案蓄水率評估指標係針對單場降雨事件後的雨水儲水槽內的水量而評估，當預判下時段的降雨較大時，便會增加抽排的水量而保留滯洪空間，故並非有特別低的問題；而其他委員建議已於報告中進行修正。
12	P.101 結論與建議中其內容並非結論且沒有建議事項，建議重新補正。	感謝委員建議，已針對委員建議進行修正。
13	P.107 審查意見建議應將審查	感謝委員建議，審查意見、座談

	委員名稱個別寫出。	會及工作會議等表格已按照成果報告需求格式辦理。
14	先前期中報告審查意見，有提及建議增加座談會，且期末報告時應補充其效期並以量化方式呈現，本次報告未見相關內容，請補充說明。	感謝委員建議，將遵照辦理。
15	對於示範案例的部分，因現階段其使用狀況雨水桶大多時間都為空桶，其原來之設計與後續的使用效果是否有前因後果存在。	感謝委員意見，智慧雨洪管理操作確實與雨水儲水槽尺寸、建築使用現況、與降雨型態不同等因素而有所影響；目前僅先挑選合適案例進行示範操作，未來可針對上述影響因子進行深入探討研究。
16	針對 IOT 推動，建議可作民眾回饋之調查，並做後續串並聯成效。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
17	建議增加結論篇幅，並增加研究建議的部分。	感謝委員建議，將遵照辦理。
18	4-4 示範案例的內容投影片與報告書有差異，建議簡報內新增的內容於報告書補上。	感謝委員建議，已將報告書內容修正補充。
19	建議未來可作一個延續規劃的參考，並具體建議執行的單位。	感謝委員建議，已於結論與建議中補充說明
20	對於國內外降雨預報之表格部分其單位需再作釐清，例如 CWB 模式現階段氣象局可提供 72-120 小時，已較先前 84 小時較長。	感謝委員建議，將與相關專家及研究團隊討論後修正。
21	目前降雨預報多是廣義尺度，建議應用在單一建築上時，其限制須多加說明。	感謝委員建議，已將報告書內容補充說明。

22	本案是以雨水貯集系統整合智慧互聯網操作機制，研究相當創新且可符合台灣在國際競爭優勢下新的雨水貯集系統範型，值得肯定。	感謝委員的支持與肯定。
23	第三章內容針對相關水位計、流量計、雨量計等蒐集成果相當豐富，因為各自設備對應不同情況會有不同結果，建議仍對應雨水貯集系統條件，針對總體性進行比較，例如是以總體成本為考量、以總體精度為考量等進行比較說明會更具體。	感謝委員建議，本案針對不同型式的水位計、流量計、雨量計等特性與優缺點進行比較說明，可提供未來雨水貯集系統裝設規劃之參考。
24	第三章第三節分為民眾使用端與維護管理端，可以思考需不需要補充各自需求項目，提供的實質意義與判斷資訊。	感謝委員建議，目前研擬的民眾使用端介面之內容係透過專家諮詢會議中討論的成果，待未來實際案例裝設與測試後，可再進行需求項目的調查與修改。
25	互聯網關鍵在於幫助提供雨水貯集系統排放時機與排放量之參考，建議未來經費許可下，可提出雨水貯集系統併聯或串聯的預期想法，避免同時溢流造成系統失效。有點像紅綠燈控制交通流量由中央系統控制時間。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
26	P.74 提出灰色預測數列特徵包含數列、災變、季節、拓樸與系統預測建議可補充說明最後是用哪種預測方式？原因為	感謝委員建議，在各種不同降雨預測方法比較下，考量空間、時間與其他因子下，本計畫採用灰色理論預測作為建築物雨

	何?。	水貯集系統之智慧化雨洪管理模擬模式之連結之降雨量預測方法。
27	章節架構文字建議精煉。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
28	文字與格式誤植部分。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
29	P10 本研究示範案例之程序規「畫」。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
30	P.79 下表 3-3 及表 3-4 與實際下表名稱標號不符。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
31	P.84 第三節標題建議條到下一頁，避免文字中斷。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
32	報告內容部分提到水庫缺水時實施階段限水，建議改委較委婉之說法如用水調配。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
33	枯水期 11 月~3 月應改為 11 月~4 月，豐水期為 5 月~10 月。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
34	此計畫於後續推動時，應更著重於效期維護的部分，避免時間久後無人使用管理。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
35	水利署補助雨水貯集系統設施設置已有多多年，建議多提出一些示範案例加以說明。	感謝委員建議，將遵照辦理。
36	書圖表章節編號與內文未正確連結，請再重新檢視並修正。	感謝委員建議，將遵照辦理。
37	P.11 研究流程圖建議應與工項連結，以利審視及計畫控管。	感謝委員建議，將與研究團隊討論後進行修正補充。
38	P.97 何謂被動操作模式，應請說明與智慧操作模式差異。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正補充。
39	有關案例分析與探討，僅有數值結果並無計算過程，例如效	感謝委員建議，已將報告書內容進行補充。

	益評估表如何估算，請補充說明以利瞭解。	
40	P.86-P.87 模擬模式流程圖面建請放大，以利審視。	感謝委員建議，將與研究團隊討論後進行修正補充。
41	利用灰色理論模式預測之未來雨量結果可否與真實雨量比較，其結果建請提出供後續參酌。	感謝委員建議，本案已初步針對歷史降雨數據進行預測比較與誤差評估，其成果相當合理；未來將透過示範案例的裝設而進行實地驗證。
42	有蒐集許多物聯網相關之設施設備及優缺點分析，但建議提出雨水貯集系統於不同形式下其所適合設置之物聯網設備之建議。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
43	預測模式使用之智慧操作模擬時，並未提出需要多少歷時降雨，建議可於後續作補充。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
44	4-3 部分針對泵浦起抽水水位與停機水位之設計所影響之效益可再作釐清。	感謝委員建議，將遵照辦理。
45	表 2-1 所整理之法規及技術規範 (1) P.19 排水管理辦法 13 調已於 108 年修正； (2) P.21 新北市相關之三條法規於 106 年均已廢止； (3) P.22 高雄市綠建築自治條例已於 107 年修正。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
46	P.23、24 與法規相關之內文須修正。	感謝委員建議，已將報告書內容進行修正。
47	P.95 案例附圖的部分建議可補上方位，並標示出雨水滯留池	感謝委員建議，將與研究團隊討論後進行修正補充。

	之位置。	
48	示範案例的物聯網架構圖未明確標示。	感謝委員建議，將與研究團隊討論後進行修正補充。
49	物聯網相關之技術目前看似著重於雨水貯集系統之「貯集」部分，建議於「滯洪」部分也可納入物聯網相關技術。	感謝委員建議，將遵照辦理。
50	未來如何與其他系統作整合。	感謝委員建議，目前針對雨水貯集系統之架構進行初步整合，未來示範案例實地驗證時可再針對其他需求系統進行整合探討。
51	地上地下滯蓄洪設施的評比差異甚大，請說明其原因，如是地下滯蓄設施功能較好，會不會受到汙染的影響，進而影響到其效益，可以進一步檢討。	由於地下型雨水貯集系統之儲水槽容量通常較大，故其可提供滯洪空間較多而成效較佳；目前地下型雨水貯集系統收集利用之雨水主要仍係透過屋頂集水，若透過地表逕流收集的雨水則需再進一步分析檢討。
52	未來如何跟產業及政府的管理相結合。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
53	未來能否跟工程及防災型都市更新做結合。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
54	報告中未提到未來的想法，串聯並聯並非易事，政府公權力難以延伸。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
55	私宅的部分要有相當的誘因，不然很難去執行。	感謝委員建議，將做為未來示範案例實地驗證時之討論項目。
56	綠建築恐怕跟本案無法直接做	感謝委員建議，未來將與相關

	連結，因與基地保水和水資源節約沒有太直接的關聯，個人偏向歸納於智慧建築部分，但在定位上尚未明確。	機關進行討論，使其定位更明確。
--	--	-----------------

附錄二 工作會議

第一次工作會議

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究

」

工作會議紀錄

開會時間：108 年 05 月 13 日(星期一) 上午十點整

開會地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：蔡組長綽芳

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠

02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

列席者：白副研究員櫻芳、蔡研究員欣遠

發言人	內容
蔡綽芳 組長	1. 本案雨水貯集管理操作系統所扮演之角色、功能，賦予實質的定義及期望。 2. 兩年的”示範案例”意義定義要清楚，各自代表涵義不同。 3. 應多參考英國、韓國論文的案例，尋求在實務中如何實現降雨預測技術。 4. 若以社會住宅為例，建議以兩棟相同的建築做比較，設置傳統與新型的雨水貯集設施，可獲得不同的效益。 5. 說明智慧雨水貯集滯洪操作模式與傳統滯洪池的差異，如區域面積、集流時間、主動或被動排水…等。
廖朝軒 教授	1. QPESUMS 預測方法的網格有區域性，在小區域使用上，程式撰寫要依據不同地理位置做更改，無法設定為一套通用的運算模式。 2. 本年度示範案例主要進行系統架構與設施設備之

	程序規劃，以及透過模式作模擬操作。 3. 後續建立雨水貯集系統不同型的操作模式。 4. 以單一建築物設置智慧雨水貯集系統操作與舊有系統作效益評估。 5. 針對同時排水問題，須考慮最大允許排放量，外水參數與逕流疊加問題暫時不考慮。
--	---

附錄三 專家諮詢會議

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」

第 1 次 專家諮詢會議 開會通知單

地址：基隆市中正區北寧路 2 號

聯絡人：蔡欣遠

聯絡電話：02-24622192 # 6160、6120
0910-516-390

電子信箱：r.one1023@gmail.com

受文者：內政部建築研究所

發文日期：中華民國 108 年 9 月 24 日

發文字號：

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：議程

開會事由：召開「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」第一次專家學者諮詢會議

開會時間：108 年 10 月 3 日(星期四) 上午 10 時整

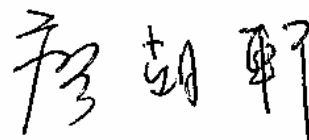
開會地點：內政部建築研究所討論室(一) (新北市新店區北新路三段
200 號 13 樓(捷運新店線大坪林站))

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠，02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：內政部建築研究所、江總經理哲緯、何教授明錦、吳主任武泰、邱簡任技正志強、范教授佳銘、郭主任純伶、張總工凱堯、廖組長晉賢

列席者：蔡研究員欣遠、黃研究助理偉民



「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」

專家諮詢會議 議程

會議人員：

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

出席者：內政部建築研究所、江總經理哲緯、何教授明錦、吳主任武泰、邱簡任技正志強、范教授佳銘、郭主任純伶、張總工凱堯、廖組長晉賢（按姓氏筆畫排序）

列席者：蔡研究助理欣遠、黃研究助理偉民

議程：

- 一、簡報10 分鐘
- 二、綜合討論50 分鐘
- 三、結論10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 降雨預測方法比較與模型建立之建議。
2. 針對雨水貯集系統之智慧物聯網操作管理模擬模式初步成果進行討論。
3. 智慧雨水貯集系統使用端需求項目及相關內容之意見。

內政部建築研究所 108 年度 「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研 究」

第一次專家諮詢會議

委員意見及研究單位回應一覽表

項次	委員意見	研究單位回應
一	何教授明錦： 1. 本案對建築或社區之貯留設施若可以整合串聯管制，應可以發揮積少成多的效果。 2. 不過必須考量地區排水系統容量及降預預報之準確度，才能發揮效益。 3. 就颱風致災因子而言，地區排水設計容量及維護狀況，以及雨水貯留設施容量，再利用使用量及維護有關。故未來入流，出流點之間控管與維護均須有效監控，則智慧化可提供較佳的工具。 4. IOT 智慧化監控運作，可結合 BIM 或 GIS 系統建置做可視化、數值化，甚至程式化自動管控，甚至	1. 感謝委員建議，本案先針對既有雨水貯集滯洪設施進行整合評估，若未來實際案例場地空間許可，亦可透過串聯的方法進行操作。 2. 感謝委員意見。 3. 感謝委員建議，本案已將入流點、出流點、水位等相關數據列入考慮，故需透過相關感測設備進行資訊連結而進行後續的操作與維護探討。 4. 感謝委員意見，目前先針對系統架構整合與分析，後續進行示範案例程序規劃與模擬，待未來示範案例實地驗證後，可將委員意見作為後續發展之項目。

	commissioning 全系統功能，同時若系統關鍵控制點出流量均可監控，則亦可進一步了維護成效。	
二	邱簡任技正志強： 1. 降雨型態近年來趨向強降雨短延時，與灰色預測適用於短期預測的特性相符合，其結果可和 QPESUMS 預測作檢視。 2. 簡報的評估指標成果相當好，其考量的因子有哪些？就降雨延時至目的地的入流延時之關係。 3. 降雨致災因子、探討中利用北市逕流標準 0.078，然其他縣市標準不用如新北為 0.8，其是否涉及地形、土壤入滲率等產生的逕流量、其是否有考慮在預測模式中。 4. 貯集系統的操作管理（可藉由雲端平台控制）如何確保有持續性的在操作，且有效的操作，要確實管理，如定期的派員檢查。 5. 智慧大樓的雨水貯集系統使用端部分，應增加民眾使用的誘因…如何使用、使用在哪裡、貯集的最小需水量。 6. 貯留時間和使用量體的關	1. 感謝委員建議。 2. 設計案例考慮基地面積、遮蔽率、逕流係數...等因子，其評估指標考量供水、防洪及能源損耗效益，取常見的評估指標為依據；針對集流時間本計畫初步透過集水區長度與假定平緩路面以 Kirpich 公式與 Rziha 公式進行計算，其成果約為 5 分鐘，故本案以 5 分鐘作為集流時間。 3. 設計案例初步分為建築物及非建築物(非開發區或已開發之草地)的逕流效率係數進行模擬；而本年度實際示範案例則依照取得的工程設計圖中的相關資訊進行模式模擬。 4. 感謝委員意見，在未來應針對其擬定相關管理計畫。 5. 感謝委員建議。 6. 感謝委員建議，不論當前系統或智慧系統，皆應訂定維護管理計畫，確保貯留雨水之水質。 7. 感謝委員建議，後續實際裝

	係、影響到水質問題導致使用的意願。 7. 智慧雨水貯集系統的管理費用、操作機制、如何讓民眾使用端會有自主性的去執行。	設與分析探討後，將擬訂相關內容可作為民眾之參考。
三	范教授佳銘： 1. 此計畫強調結合”滯洪”及”防旱(水資源再利用)”的智慧型操作系統，以防災防洪的角度來看，此計畫提供非常前瞻的想法，有利於未來全球自候變遷災害的防治，所以此計畫值得鼓勵與支持。 2. 針對降雨預測方法方面，計畫內容考慮周全，並進行詳細比較，由分析及案例結果可知，灰色預測方法在此計畫的目標及時間空間尺度考量下，是最佳的一個降雨預測方法。 3. 就操作管理機制而言，建議可加入降雨前 2~3 小時操作，可提前加入防洪功能。另外，案例比較可知，地下式系統的指標表現比地面系統佳，建議可討論其差異原因。 4. 使用端需求項目規劃完整，現階段計畫內容可行	1. 感謝委員支持與肯定。 2. 感謝委員支持與肯定。 3. 感謝委員意見，目前先針對系統架構整合與分析，後續進行示範案例程序規劃與模擬，待未來示範案例實地驗證後，可將委員意見作為後續發展之項目。

	且完善。建議未來整合各小區域系統後，呈現大區域整合後對於防洪效果的表現。	
四	廖組長晉賢： 1. 目前物聯網雨水貯集系統設計架構，未來可朝向整合智慧城市，智慧建築，非常具參考價值。 2. 建築物貯集系統容量有其極限，如何選擇蒐集較適合的雨水，避免雨水污染過高，影響雨水貯集系統供水品質。 3. 目前水利署針對逕流分擔，未來可參考本案架構計算各建物或基地分擔量。 4. 目前建築物雨水貯集系統可補充說明為開放系統或封閉系統，幫助釐清相關權責分工。 5. 目前建築物雨水貯集系統是跟雨水下水道連結或污水下水道連結，需補充說明。例如下水道法施行細則 15 條，用戶排水設施申請內容影響。 6. 雨水貯集系統目前運用的傳輸速度與方式，如何要求建築物部設相關資訊設	1. 感謝委員支持與肯定。 2. 感謝委員意見，目前雨水貯集系統多係透過建築物屋頂進行雨水收集，其污染源較單純；若為地表逕流收集之雨水，則需另外進行水質風險分析與淨水設備配置探討。 3. 感謝委員支持與肯定。 4. 感謝委員建議，目前示範案例盡量選擇公家單位或公有住宅，並由相關單位提供協助；針對未來建築物實地裝設的權責分工問題，可於系統裝設後而進行探討。 5. 目前建築物雨、污水管路系分開的，故本案成果與污水無直接關係。 6. 本計畫針對建築物智慧雨洪管理進行系統架構研擬與分析，並將相關設備與資訊連結方法做蒐集彙整，未來示範案例實地裝設仍需考慮現場形況，而本案成果可作為實地裝設之規畫設計參考。

	備。	
五	蔡組長焯芳： 1. 在滯洪方面，可導入智慧防災之概念，有即時監測、預測、遠端控制等功能。 2. 系統可有製造”大數據”之功能，例如坡地防災多為定期監測，災害發生時無法提前預知，而此系統可發展之監測系統每 10 分鐘一筆回傳資料，能及時預測與操控。 3. 未來資料整合之平台，可與現有平台做結合，避免長時間後無人使用的狀況。 4. 於推廣方面，可導入政策與法規，使民間較有使用意願或義務。	1. 感謝委員建議，將遵照辦理。 2. 感謝委員支持與肯定。 3. 感謝委員建議，將遵照辦理。 4. 感謝委員建議，本案執行成果與未來示範案例實際裝設驗證後，將考慮委員所提之意見，導入政策與法規而利於推廣與民眾之裝設意願。

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」

第 2 次 專家諮詢會議 開會通知單

地址：基隆市中正區北寧路 2 號

聯絡人：蔡欣遠

聯絡電話：02-24622192 # 6160、6120
0910-516-390

電子信箱：r.one1023@gmail.com

受文者：內政部建築研究所

發文日期：中華民國 108 年 9 月 24 日

發文字號：

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：議程

開會事由：召開「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」第二次專家學者諮詢會議

開會時間：108 年 10 月 5 日(星期六) 下午 2 時整

開會地點：內政部建築研究所簡報室（新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓(捷運新店線大坪林站)

主持人：蔡組長綽芳、廖教授朝軒

聯絡人及電話：蔡研究員欣遠，02-24622192 # 6160、6120；0910-516-390

出席者：內政部建築研究所、江總經理哲緯、何教授明錦、吳主任武泰、邱簡任技正志強、郭主任純伶、張教授哲豪、張總工凱堯、廖組長晉賢

列席者：蔡研究員欣遠、黃研究助理偉民

「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研究」

專家諮詢會議 議程

會議人員：

主持人：蔡組長綽芳、廖朝軒教授

出席者：內政部建築研究所、江總經理哲緯、何教授明錦、吳主任武泰、邱簡任技正志強、郭主任純伶、張教授哲豪、張總工凱堯、廖組長晉賢（按姓氏筆畫排序）

列席者：蔡研究助理欣遠、黃研究助理偉民

議程：

- 一、簡報10 分鐘
- 二、綜合討論50 分鐘
- 三、結論10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 針對雨水貯集系統智慧化之互聯網路相關設備配置之建議。
2. 不同型式雨量計、水位計、流量計及幫浦之優缺點與選擇之建議。
3. 針對示範案例遴選與程序規劃之內容進行討論。

內政部建築研究所 108 年度
「智慧雨水貯集系統在建築物雨洪管理及操作模擬研
究」

第二次專家諮詢會議

委員意見及研究單位回應一覽表

項次	委員意見	研究單位回應
一	何教授明錦： 1. 傳輸系統與技術之可靠度需考量耐久、耐候、省電等問題。 2. 長期且連續性的資料傳輸需考量其通訊成本問題。 3. 若使用公部門之預測系統作為雨水系統抽排操作之依據，其預測資料須靠量到降尺度之介接運算。	1. 感謝委員意見，本年度初步針對物聯網通訊技術傳輸的部分進行比較，未來示範案例實地驗證時，將會針對委員所提之意見做進一步分析探討。 2. 感謝委員建議，成本問題確實影響未來長期運作、維護及推廣等多方面，未來需再針對此問題進行探討。 3. 感謝委員建議，將遵照辦理。
二	邱簡任技正志強： 1. 架構在建物上的不同系統之管理、費用、操控、維護及架構的時機(新、舊大樓)的態樣。 2. 水位計、流量計、雨量計等	1. 感謝委員建議，未來在示範案例實地驗證時，確實需將這些因子納入規劃考量。 2. 感謝委員建議，本案目前針對水位計、流量計、雨量計、泵浦等相關設備進行料蒐

	裝置在建物上使用者使用意願之誘因。 3. 目前示範案例幾乎在公部門或大公司的建物示範，如何使民眾認為這是大樓興建的基本配備，是一大課題。 4. 水位、流量、雨量的雲端平台是何單位控制、控管、維管，較具準確度、判斷標準。	集，未來如何增加使用者裝設之意願，確實是需再進一步考量。 3. 感謝委員建議，透過未來示範案例實地驗證之成果效益的展現，若能搭配政府政策執行、納入綠建築評估系統內或智慧建築等，將有助於系統廣泛推行。 4. 感謝委員建議，目前相關設備蒐集其準確度係透過廠商提供的準確度誤差範圍而歸納的成果，實際準確性仍須透過實地驗證或專家諮詢討論而得知。
三	張總工凱堯： 1. 設備考量、分類評估後行建議為優，建立資料變換格式為要。 2. 雨量、流量、水位檢驗之便利性應加以考量。 3. 網路通訊變換方式應考量傳輸穩定性、都市區頻遮問題。	1. 感謝委員建議。 2. 感謝委員建議，未來示範案例實地裝設將考慮其監測、傳輸、維護等便利性，以利長期使用。 3. 感謝委員意見，本年度初步針對物聯網通訊技術傳輸的部分進行比較，未來示範案例實地驗證時，將會針對委員所提之意見做進一步分析探討。
四	廖組長晉賢： 1. 雨水貯集系統智慧化需要透過互聯網掌握相關資	1. 感謝委員諸多寶貴意見，後續會將本案未考慮到或不

	訊：，關心感知層的監測資訊內容，監測資訊內容精細度會中央與建物產品定位分工應該不同，對於建物物理環境的掌控甚至成為新的建築型態的轉型(日本丹下健三對於未來都市新城代謝帶動)，單一大樓應該跟區域的雨水貯集系統進行整合)。 (1) 流量資訊，建物與雨水貯集系統容量變化資訊(基本上技術目前可行) (2) 水質資訊，過濾與分辨決定哪些要做為澆灌使用、那些可做為沖廁、那些可補助地下水。 (3) 維護管理資訊，警示系統監測掌握後續雨水貯集系統的生命週期。 (4) 未來很可能所有資訊會彙整到同一平台，會面臨到雨水貯集系統與目前智慧建築其他系統是不是相容，例如工研院有 iBEMS 智慧型建物能源管理系統以低耗能的 Zigbee 無線傳輸為架構，未來整合會不會有困難。	足的部分進行修訂與補充；在未來示範案例實地裝設所需注意的事項與建議，亦將會列入後續分析探討的內容。 2. 感謝委員提供的資訊與意見，未來在選擇上將會考慮其建議內容做選擇。 3. 感謝委員建議，未來示範案例驗證將先進行永續智慧社區及智慧防災社區等計畫成果，參考其內容的呈現與分析評估項目，使成果內容更臻完備。
--	--	--

	(5) 依據電信法第三十八條第六項中，建築物電信設備及空間設置使用管理規則，將光纖列入一定規模以上新建築物建造時必備之電信線路之一，針對電信室面積有規範，會依據引進電纜數不同其電視面積也不同大概要求室內淨高至少 2.1m，最窄平面長度不得少於 1.5m。 2. 美國地質調查局委託 ITRC 辦理農業水利所用之水位計與記錄器之試驗的評析報告擴展明確建議採用順序為：優先浮筒式，其次水壓式，其三超音波式。 3. 建研所從早期生態社區、永續智慧社區、到現在智慧防災社區，應該都有一系列的示範成果。社區智慧應用整合功能，從主動即時偵測覺知環境變化、進而進行分析社區動態資訊，而後能整合做出合宜且智慧之決策與回應。經濟部 108-109 雨水貯留系統建設計畫補助 30-90%經費，目前已有 3 批名單，大概還是以國中小學居多，	
--	---	--

	目標節水量達 34.5 萬噸 (175 處)。補助標準評估指標以依其鄰近水資源開發規劃計畫區域之距離 (代辦案)、預估節約用水量或雨水利用量、益本比 (每單位節約用水量或雨水利用量之成本) 及效益比 (節約用水量佔單位原用水量之百分比值) 等項目進行評比。研究需要比較完整的資料取得。	
五	蔡組長焯芳： 1. 現有智慧防災系統之補助對象為公家單位或學校，可考慮擴大範圍至民間單位，提升使用意願。 2. 系統減洪、減旱之效益分析可於未來系統成形後多作探討。	1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員建議，本案已初步針對減洪效益與蓄水率 (減旱效益) 等內容進行分析，待未來示範案例實地驗證其成效後，可考慮社區或區域尺度的減洪、減旱之成效。

參考書目

中文部分：

- 王茂興，城市暴雨之雨水經營策略研究，台灣水利第 51 卷第三期，p77～83，2003。
- 內政部營建署，建築物雨水貯留利用設計技術規範，2012。
- 內政部建築研究所，建築基地雨水貯集及滯洪設施設置原則，2012。
- 內政部建築研究所，利用公園及學校設置滯洪設施及貯留雨水再利用之研究，2009。
- 內政部建築研究所，都市計畫通盤檢討減洪調適策略規劃手冊，2017。
- 內政部建築研究所，創新建築物雨水貯集滯洪之智慧物聯網操作管理系統規劃，2018。
- 中華電信研究院，物聯網發展與應用，第 27 屆近代工程技術討論會，2018。
- 江育銓，區域雨水利用潛勢、容量設計及雨洪管理策略，國立臺灣海洋大學博士論文，2015。
- 沈志全，資料可靠度對颱風時期 QPESUMS 及洪水預報影響之研究，國立台北科技大學工程學院工程科技博士論文，2018。
- 國立台灣海洋大學，海大雨水公園智慧雨水貯留系統建置，2018。
- 黃正傑，雲端運算應用與實務，全華圖書股份有限公司，2013。
- 經濟部水資源局，雨水貯留及中水道二元供水系統應用手冊，2000。
- 經濟部水利署，雨水貯留系統評估工具建置計畫，2012。
- 經濟部水利署，106 暨 107 年雨水貯留系統設施輔導推動計畫，2018。
- 經濟部水利署水規試驗所，熱島效應對都會區防洪能力衝擊之研究(1/2)，2013。
- 廖朝軒、蔡耀隆，從健全都市水環境談雨水滯蓄措施之應用，水資源管理季刊第 4 卷第二期，p08～17，2002。
- 蔡欣遠，應用雨水貯集系統作為雨洪削減之研究，國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文，2012。

- 蔡耀隆，雨水滯蓄措施在城區減洪之水文機制及容量研究，水科學進展第17卷第四期，p538-542，2006。
- 鄭鈞鴻，LoRa 技術實現智慧城市應用 -以校園廁所監控為例，國立彰化師範大學資訊管理學系碩士論文，2018。

英文部分：

- Fewkes, A., Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach , Urban Water, 1, 323-333, 1999.
- Fewkes, A., The technology, design and utility of rainwater catchment systems, Water Demand Management, IWA Publishing, London, 27-61, 2006.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Chiang Y. C., Assessment of Water Quality and Reuse Feasibility of Runoff from Green Roof. International Low Impact Development Conference, Beijing, China, 2016.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Chiang Y. C., Feasibility Study of Water Supply and Stormwater Mitigation Using Rainwater Harvesting System. International Low Impact Development Conference, Beijing, China, 2016.
- Liaw C.H., Tsai H.Y., Tsai C.F., Chiang Y. C., Feasibility Analysis of Rainwater Harvesting Systems for Stormwater Management. 2018 International Sponge City Conference, Xian, China, 2018.
- Tsai C.F., Tsai Y.L., Huang W.M., Bai Y.F., Application of BIM in Rainwater Storage and Infiltration Facilities Deployment. 2018 International Sponge City Conference, Xian, China, 2018.