

# 雨水下水道暴雨逕流模式建置及率定-以「桃園航空城計畫區段徵收工程統包工程」A1分標工程為例

彭奎元

謝嘉誠

林采蓁

黃政鴻

中興工程顧問股份有限公司工程師

中興工程顧問股份有限公司工程師

中興工程顧問股份有限公司工程師

中興工程顧問股份有限公司工程師

## 摘要

本文探討經由率定 SWMM 模式參數，使其降雨逕流演算(Rainfall/Runoff)可以擬合出流管制計畫書所推算之流量歷線(SCS 無因次單位歷線法)，成果顯示各流量歷線呈高度相關( $r=0.91$ )，決定係數  $R^2$  為 0.83；各重現期距之洪峰流量差異皆於 5% 以內。

## 一、前言

都市及工業園區之區域排水系統、雨水下水道規劃設計作業，需使用相關水理模式，進行規劃設計。本研究針對「桃園航空城計畫區段徵收工程統包工程」第A1分標之水理分析，辦理規劃設計。本範例區因辦理土地開發利用面積超過2公頃，爰依水利法及相關法規提送出流管制計畫書；另本範例區位於「都市計畫地區」，各排水箱涵依內政部營建署107年「下水道法」第2條定義，屬專供處理「雨水」之下水道設施，其設計參照109年內政部營建署「雨水下水道設計指南」。

依經濟部水利署112年「出流管制計畫書與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」，開發前後洪峰流量計算須採SCS無因次單位歷線法，並配合數值水理模式(SWMM)，作為後續出流管制設施設計及檢核基準之依據；依內政部營建署109年「雨水下水道系統規劃原則檢討」，水力計算須採用SWMM套裝軟體予以演算，因本範例區幅員廣大，另參照內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊(街道/下水道SWMM 模式)」之建議，採降雨逕流演算(Rainfall/Runoff)。

惟SCS無因次單位歷線法與SWMM模式模擬之流量歷線，於洪峰流量值及歷線形狀皆有差距，且本範例區周邊無水文測站資料可供驗證，故由率定SWMM模式參數，使其成果擬合出流管制計畫書所推算之流量歷線，以進行後續出流管制設施設計。

## 二、 研究區域概述

本範例區位於桃園市大園區，屬桃園航空城計畫區域範圍內，區內及周邊腹地大多為交通部海軍桃園基地，開發後之用地依據係依內政部都市計畫委員會第993次會議再審定版本，並按土地使用性質分別編定為園林道路用地、道路用地、綠地用地、商業區、住宅區、灌溉設施專用區(渠道)、工業區、機關學校(如圖1)。

本範例區主要出流管制設施為AK-DB1-1乾式離槽滯洪池，其在不超過池體可提供之有效滯洪容量下，擬利用側溢方式，最大限度削減B-EL-03箱涵的洪峰流量，亦透過束縮箱涵來調節放流，並增加側溢效率。後續將列舉主要幹線B-EL-03箱涵，作為研究之對象，其上游集水區面積(88.0734ha)橫跨本範例區及A3分標工程，集水區劃設如圖1。

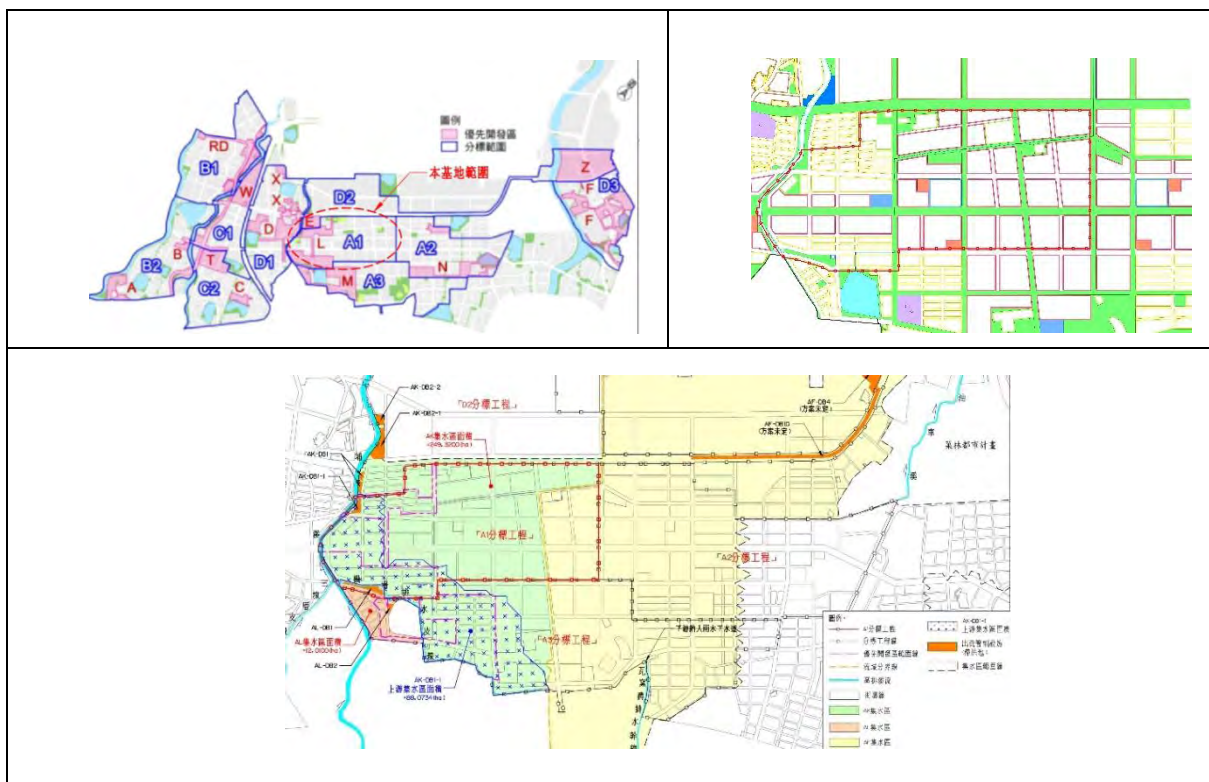


圖 1 本範例區位置圖

### 三、研究方法(SCS 無因次單位歷線法)

#### (一) 暴雨量分析

本範例區依桃園市政府水務局112年「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討」集水區劃設結論，屬埔心溪集水區者，採用112年桃園市政府水務局「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討」之暴雨量分析；屬瓦窯溝排水幹線集水區者，採用98年「易淹水地區水患治理計畫」桃園縣管河川南崁溪水系治理規劃報告(南崁溪本流檢討)之暴雨量分析，成果如表1所示。

表 1 本範例區最大 24 小時暴雨量成果採用表

控制點	重現期距(年)					
	2	5	10	25	50	100
埔心溪集水區	149.0	204.6	249.9	318.1	377.8	446
瓦窯溝排水幹線集水區者	148.35	210.45	254.15	311.65	356.5	402.5

資料來源：112年桃園市政府水務局「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討」；  
98年「易淹水地區水患治理計畫」桃園縣管河川南崁溪水系治理規劃報告(南崁溪本流檢討)。

#### (二) 設計雨型

降雨雨型採Horner雨型，採用經濟部水利署106年12月「台灣地區雨量測站降雨強度-延時Horner公式參數分析」，依循桃園市政府110年「桃園航空城計畫區段徵收工程(南崁溪右岸與埔心溪集水區範圍)出流管制先期報告」及桃園市政府工務局110年「桃園航空城計畫區段徵收工程(南崁溪左岸集水區範圍)出流管制先期報告」結論，選用埔心雨量站Horner公式，成果如表2所示。

表 2 埔心雨量站 Horner 公式參數表

Horner 公式 參數	重現期(年)					
	2	5	10	25	50	100
台灣地區雨量測站降雨強度-延時 Horner 公式參數分析(106 年 12 月)						
a	1565.136	1504.712	1272.369	943.320	739.372	622.442
b	23.715	21.876	17.262	9.256	3.391	0.000
c	0.752	0.685	0.628	0.549	0.490	0.442

資料來源：106年12月經濟部水利署「台灣地區雨量測站降雨強度-延時Horner公式參數分析」

### (三) 集流時間分析

依經濟部水利署112年「出流管制計畫書與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」集流時間計算，應考量地表逕流至開發基地內排水路之流入時間，集流至開發基地排水出口之流下時間。

B-EL-03箱涵流入時間採經濟部水利署109年「出流管制技術手冊」之建議，保守選用：雨量降於房舍或地面之雨水經由側溝系統流入雨水下水道幹支線系統，集流時間採計十分鐘計算；流下時間則以渠流流速法並依曼寧公式計算。

### (四) 有效降雨量計算

依經濟部水利署112年「出流管制計畫書與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」，降雨損失計算以美國水土保持局(Soil Conservation Service簡稱SCS)之曲線號碼法(Curve Number，簡稱CN)計算為原則。本範例區B-EL-03箱涵上游集水區，其表土層與下方土層多為礫石夾砂土，保守評估土壤劃分為C類(砂質黏土)，開發後加權之曲線號碼CN值如表3。

表 3 B-EL-03 箱涵(AK-DB1-1 滯洪池)上游集水區-開發後加權曲線號碼 CN 值表

用地類別	CN	B-EL-03 箱涵 (AK-DB1-1 滯洪池) 上游集水區-基地內	B-EL-03 箱涵 (AK-DB1-1 滯洪池) 上游集水區-基地外	B-EL-03 箱涵 (AK-DB1-1 滯洪池) 上游集水區-總面積
灌溉設施專用區(渠道)	98	0.1330	-	0.1330
商業區	94	11.6027	9.5857	21.1884
住宅區	90	12.3023	20.4447	32.7470
工業區	91	-	0.0916	0.0916
機關學校	89	0.7148	2.7581	3.4729
綠地用地	74	2.8506	4.4752	7.3258
道路用地	98	9.0128	11.0730	20.0858
園林道路用地	74	3.0289	-	3.0289
集水區開發後面積加總		39.6451	48.4283	88.0734
加權後 CN 值		90.63	91.09	90.88

### (五) 開發後洪峰流量計算

本範例區B-EL-03箱涵上游集水區，係依經濟部水利署112年「出流管制計畫書

與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」，配合前述暴雨雨型、降雨損失，採用無因次單位歷線法，合成集水分區之單位歷線，並計算開發後2、5、10年重現期距之洪峰流量，成果如圖2及表4所示。

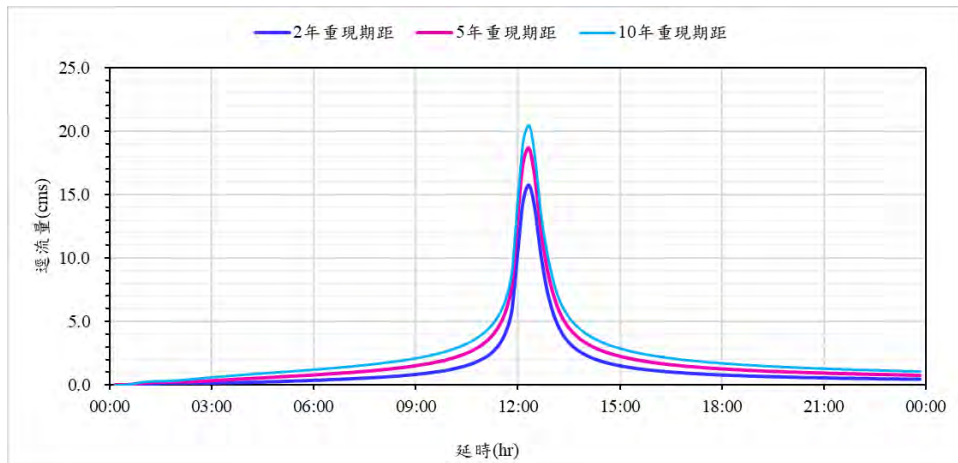


圖2 B-EL-03箱涵(AK-DB1-1滯洪池)上游集水區-開發後各重現期距流量歷線

表 4 B-EL-03 箱涵(AK-DB1-1 滯洪池)上游集水區-開發後之洪峰流量表

重現期(年)	2	5	10
開發後(cms)	15.9300	18.9070	20.7520

#### (六) 外水位歷線計算

依經濟部水利署112年「出流管制計畫書與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」，以本範例區下游區域排水最低水位為其重現期距水深之四分之一；各時段水位以開發基地排水出口之流量歷線中各時段流量值與洪峰流量值之百分比，乘以重現期距水深之四分之三，再加上最低水位為其外水位歷線設計值。本範例區B-EL-03箱涵之排水出口為埔心溪，參照桃園市政府水務局112年「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討」之成果，外水位歷線計算如表5，外水位歷線圖繪如圖3。



雨水下水道暴雨逕流模式建置及率定-以「桃園航空  
城計畫區段徵收工程統包工程」A1 分標工程為

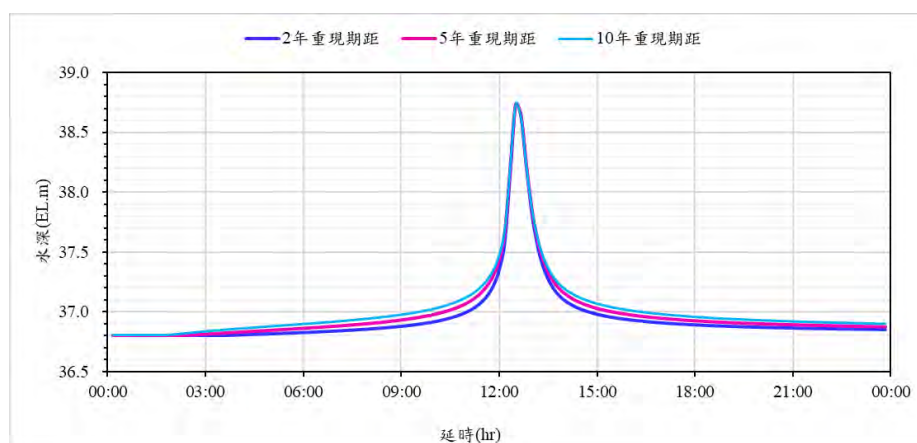


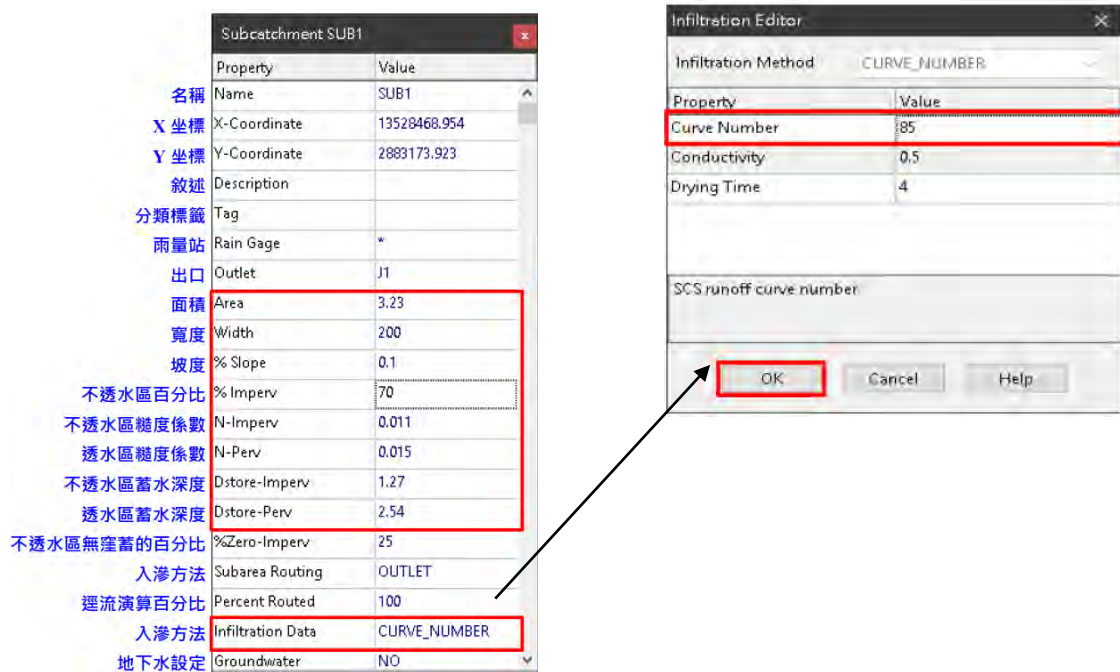
圖3 出口外水位歷線圖

表 5 出口外水位歷線計算表

重現 期距 (年)	2	5	10	2	5	10	2	5	10
渠底 高程 Hb (m)	埔心溪 各重現期距水位 Hp (m)			埔心溪各重現期距 洪水位與現況渠底 高程差值 hp(m)			滯洪池入流歷線 洪峰流量 Qp (cms)		
36.16	38.73	38.73	38.73	2.57	2.57	2.57	15.9300	18.9070	20.7520

#### 四、 研究方法(SWMM 模式模擬)

本範例區及B-EL-03箱涵上游集水區，依循內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊(街道/下水道 SWMM 模式)」之建置步驟，採降雨逕流演算(Rainfall/Runoff)，即以SWMM模式中Rain Gage設置降雨組體，降雨至各子集水區後產生逕流歷線(依各子集水區特性輸入「Area」、「Width」、「%Slope」、「%Imperv」、「Infiltration Data」等參數，如圖4所示)，再於流入模式設定雨水下水道節點(junction)，外水位歷線依前節分析之成果，輸入於專案瀏覽器「Time Series」中，並建立物件工具「Outfall」選取該外水位歷線，作為模式邊界條件。



資料來源:內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊(街道/下水道 SWMM 模式)」

圖4 集水區物件(參數)設定視窗

集水區物件(參數)茲表列如下:

1. 雨量站依前節所述，選用埔心雨量站Horner公式，並採間隔 $\Delta t$ 為10分鐘之設計降雨組體圖(無考慮降雨損失)，在2年、5年與10年重現期距暴雨下進行Rain Gage資料輸入。
2. 「Area」，依各雨水下水道控制點之上游集水區劃設成果，輸入面積。
3. 「Width」，係以集水區面積除以平均最大漫地流路逕之方式給定。
4. 「%Slope」，可利用地表高程資料，配合子集水區邊長，計算各邊坡度後再取平均值。
5. 「%Imperv」，係對子集水區的不透水面積百分比設定，大致可參考內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊：街道/下水道SWMM模式」(表B-9)進行對應推估，亦可從建築物之建蔽率來推估不透水面積百分。
6. 「N-Imperv」、「N-Perv」、「Dstore-Imperv」及「Dstore -Perv」，子集水

區之糙度係數及蓄水深度設定，可參考內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊：街道/下水道SWMM模式」(表B-10、表B-11)進行對應推估。

7. 「Infiltration Data」，採Curve Number方法，依各雨水下水道控制點之上游集水區劃設成果，輸入加權曲線號碼CN值。

## 五、SWMM 模式模擬率定

為使SCS無因次單位歷線法與SWMM模式模擬之流量歷線趨近一致，故進行該模式集水區物件(參數)率定，其方式為僅設置雨水下水道幹線、無設置滯洪設施之條件下，兩者洪峰流量差異應於5%以內，方可進行後續滯洪設施配置與出流管制檢核。

因諸多集水區物件(參數)，已於內政部營建署「複合型都市排水系統模式建置教學手冊(街道/下水道 SWMM 模式)」附錄B中，敘明其適用範圍及建議值，在無相關研究支持下，不宜隨意取用其他數值；且多數集水區物件(參數)調整後，對模擬成果並不顯著。

總結上述考量，本研究選用物件「Width」及「%Slope」進行調整，茲說明如下：

### (一) 物件「Width」率定

「Width」(特徵寬度)初步估算，可透過子集水區面積除以平均最大漫地流路逕之方式給定。最大漫地流路逕為集水區最遠點匯流至渠流前之距離。依特徵寬度定義，其路逕主要反應透水鋪面之水流緩慢流動，而非不透水鋪面(建築)上的快速流動，故應視不同開發行為，進行不同路逕選取，最終再取平均值。藉由寬度物件之調整，可使歷線模擬形狀與SCS無因次單位歷線法有良好一致性。

### (二) 物件「%Slope」率定

「%Slope」(坡度)初步估算，可利用地表高程資料，配合子集水區邊長，計算各邊之坡度後再取平均值。惟坡度計算時，若把建築物及周邊設施一併考量，恐低估子集水區坡度，進而增加漫地流匯入至渠流前的時間，致使洪峰量因入滲損失而



降低。建築坵塊內之坡度估算，可參照內政部營建署108年「建築物無障礙設施設計規範」，室外通路的設計坡度不得大於1/15，且洩水坡度為1/100 至1/50。藉由坡度物件之調整，可使歷線模擬峰值與SCS無因次單位歷線法有相同成果。

## 六、結論

本研究經上述方法率定後，SWMM模式模擬成果與SCS無因次單位歷線法之流量歷線呈高度相關( $r=0.91$ ，如圖5)，決定係數 $R^2$ 為0.83；各重現期距之洪峰流量差異皆於5%以內(如表6)，兩者都在可接受範圍內，可使用該模型進行後續出流管制設施設計。

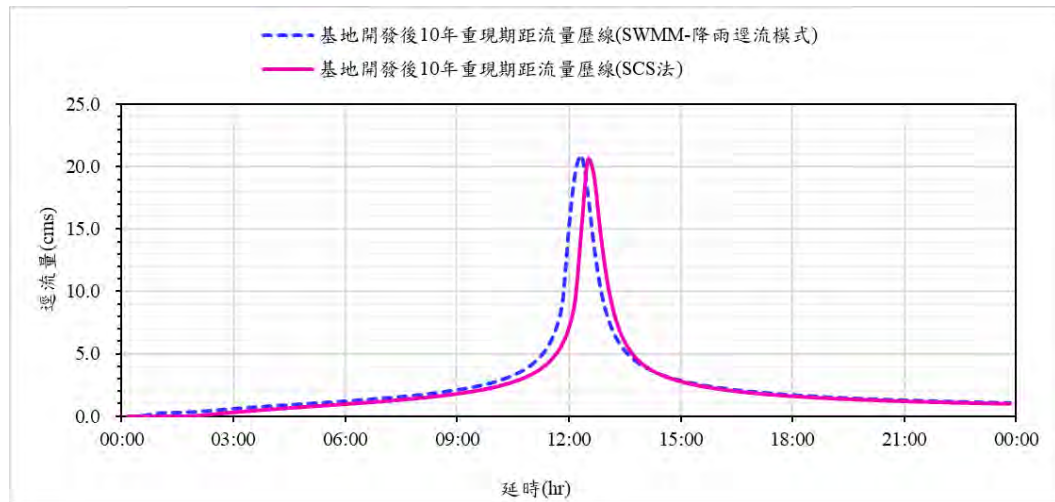


圖5 B-EL-03箱涵(AK-DB1-1滯洪池)-開發後各重現期距流量歷線率定成果圖

表 6 B-EL-03 箱涵(AK-DB1-1 滯洪池)-洪峰流量差異計算表

計算方法	基地開發後各重現期距洪峰流量		
	2年	5年	2年
SWMM-降雨逕流模式(cms)	16.0400	19.0300	20.8730
SCS 法(cms)	15.6193	18.5904	20.5159
誤差(%)	2.69%	2.36%	1.74%

## 七、參考文獻

1. 桃園市政府水務局，「桃園市埔心溪排水幹線治理規劃檢討」，2023
2. 桃園市政府，「桃園航空城計畫區段徵收工程(南崁溪右岸與埔心溪集水區範圍)出流管制先期報告」，2021
3. 桃園市政府工務局，「桃園航空城計畫區段徵收工程(南崁溪左岸集水區範圍)出流管制先期報告」，2021
4. 桃園縣政府，「易淹水地區水患治理計畫」桃園縣管河川南崁溪水系治理規劃報告(南崁溪本流檢討)」，2009
5. 內政部營建署，「下水道法」，2018
6. 內政部營建署，「雨水下水道設計指南」，2020
7. 內政部營建署，「雨水下水道系統規劃原則檢討」，2020
8. 內政部營建署，「建築物無障礙設施設計規範」，2019
9. 內政部營建署，「複合型都市排水系統模式建置教學手冊(街道/下水道 SWMM 模式)」
10. 經濟部水利署，「台灣地區雨量測站降雨強度-延時Horner公式參數分析」，2017
11. 經濟部水利署，「出流管制技術手冊」，2020
12. 經濟部水利署，「出流管制計畫書與規劃書審核基準及洪峰流量計算方法」，2023

投稿 112.04.25  
校稿 112.05.08  
定稿 112.05.16