

中國
工程師手冊
水利類
下

中國
工程師手冊

水利類

(下冊)

中國水利工程學會編印

中國工程師手冊

水 利 類

下 冊

總 目 錄

第九篇 灌溉與排水

- 第一章 臺灣省灌溉排水現況 9— 1
- 第二章 灌況排水基本資料與研究 9— 15
- 第三章 灌溉排水系統 9— 89

第十篇 海岸工程

- 第一章 波動理論10— 1
- 第二章 風浪及湧浪推算10— 43
- 第三章 波浪之變形10—118
- 第四章 結構物對波浪之影響10—154
- 第五章 波力10—201
- 第六章 潮位與水流10—245
- 第七章 海灘與漂沙10—273
- 第八章 防止漂沙之方法10—319

第十一篇 港灣工程

- 第一章 概論11— 1
- 第二章 調查11— 6
- 第三章 規劃設計條件11— 25
- 第四章 外廓工程11— 82
- 第五章 水域工程11—109
- 第六章 繫靠設備工程11—124

第十二篇 工業用水

- 第一章 緒論12— 1

第二章	鍋爐用水	12— 20
第三章	冷却用水	12— 29
第四章	氣曝	12— 40
第五章	混凝與沉澱	12— 45
第六章	過濾法	12— 65
第七章	軟化	12— 79
第八章	純水製造	12— 96
第九章	鐵錳之祛除	12—105
第十章	二氧化矽之祛除	12—109
第十一章	海水淡化	12—114
第十三篇 水污染防治		
第一章	總論	13— 1
第二章	污染物性質	13— 8
第三章	工業廢水之水质水量與處理	13— 17
第四章	水污染調查法	13— 60
第五章	水质標準	13— 69
第六章	下水排除	13— 85
第七章	工業廢水處理	13—109
第八章	物理處理法	13—116
第九章	化學處理法	13—144
第十章	生物處理法	13—163
第十四篇 水工模型試驗		
第一章	概說	14— 1
第二章	水工試驗室之主要設備及佈置	14— 6
第三章	水工模型相似性原理	14— 15
第四章	水工模型之設計建造及運用	14— 47
第五章	水工模型之實際應用問題	14— 63
第六章	模型試驗實例	14— 78
第七章	元次分析	14—118
第八章	水工模型試驗應用附表	14—128

第十五篇 水利行政與管理

第一章 概論	15— 1
第二章 水利政策研究與水利行政推行	15— 6
第三章 應用法規	15— 38
第四章 水利管理	15—105

第九篇

灌溉與排水

目 錄 頁

概 說

第一章 臺灣省灌溉排水現況

A 灌溉排水面積	9— 3
B 灌溉水源	9— 7
C 灌溉作物	9— 10
D 灌溉土壤	9— 11
E 灌溉排水地區	9— 13

第二章 灌溉排水基本資料與研究

A 灌溉水量	9— 15
2.1 灌溉需水量	6— 15
B 作物需水量	9— 16
2.2 作物需水量	9— 16
2.3 直接測定法	9— 17
2.4 間接測定法	9— 17
2.5 作物需水量	9— 19
C 灌溉損失	9— 21
D 灌溉效率	9— 26
E 灌溉方法	9— 29
2.6 灌溉形式	9— 29
2.7 臺灣灌溉方法之研究	9— 30
2.8 入滲率公式	9— 31
2.9 溝灌公式	9— 31
2.10 入滲率之測定	9— 32
2.11 埤間灌溉	9— 32

2•12	溝灌研究	9— 34
F	土壤水份	9— 37
2•13	土壤水份之儲留	9— 37
2•14	土壤水份之移動	9— 52
2•15	土壤水份之測定	9— 55
G	灌溉水質	9— 61
2•16	電導度等級	9— 62
2•17	含鈉等級	9— 63
2•18	臺灣水質	9— 64
H	有效雨量	9— 65
2•19	臺灣有效雨量探討	9— 65
2•20	臺灣有效雨量估計	9— 67
I	洗鹽排水	9— 68
2•21	新竹海埔地實驗區洗鹽試驗	9— 68
2•22	嘉南平原七股及茄芳地區之鹽分地改良試驗	9— 72
2•23	洗鹽探討	9— 74
J	作物栽培制度	9— 75
2•24	臺灣灌溉制度與標準	9— 77
K	灌溉調查	9— 78
L	其他參考資料	9— 79
2•25	作物臨界期灌溉	9— 80
2•26	灌溉對作物品質之影響	9— 81
2•27	灌溉對生育期之影響	9— 81
2•28	不同作物品種之灌溉增收率	9— 81
2•29	栽培技術對灌溉效果之影響	9— 82
M	農田排水基本資料	9— 86
2•30	排水不良之影響	9— 86
2•31	有關排水其他問題	9— 87

第三章 灌溉排水系統

A	明渠灌溉系統	9— 89
3•1	引水工程	9— 89
3•2	輸水構造物	9— 90

3•3	量水構造物	9—93
3•4	渠道系統內之保護構造物	9—95
3•5	橋梁之設計	9—97
B	管路灌溉系統	9—98
3•6	一般設備	9—99
3•7	水管系統設計	9—100
3•8	水管設計公式	9—100
3•9	設計注意事項	9—101
C	噴洒灌溉系統	9—102
3•10	噴洒系統設計	9—102
3•11	設計公式	9—103
3•12	噴洒設備及效果	9—103
D	排水系統	9—114
3•13	排水問題分析	9—114
3•14	排水分類	9—115
3•15	設備佈置	9—116
3•16	其他注意事項	9—116

第九篇

灌溉與排水

編撰人 張建勛

審查人 江 鴻

概 說

灌溉排水為水利工程重要目標之一，對農業發展之關係至為密切，甚多大規模之水利工程，其主要目的即為灌溉排水。但農業上之灌溉排水問題却非全屬工程技術上之問題。例如灌溉排水之規劃設計必須先對灌溉需水量與排水量有正確之估計，對規劃地區之地形、土壤、水源及耕作條件等須有深切之瞭解，及對水源之供應有可靠之資料與正確之分析。工程之設計興建只為達到灌溉排水目的之部分工作而已。灌溉排水問題所涉及之範圍極廣，不僅注重工程上之規劃、設計、施工，亦涉及灌溉排水之基本理論、管理與田間實務等各項問題，本篇由於篇幅所限，勢難全其概要。

在本水利工程手冊中有關工程技術之部分多有其共同性，例如水文、水力、設計、施工等方面之基本理論，均已另有專篇或已包括在其他專篇之內，為避免重覆，本篇取材擬著重於灌溉排水理論與實務。

灌溉排水之工程設施世界各國均有悠久之歷史，甚多灌溉排水工程之遺跡可追溯至有文字記載之前。然而灌溉理論探討與灌溉實務之講求效率及正確之施行方法，則直至近數十年來始開其端。因灌溉排水理論為介於工程與農業科學之間，工程人員與農業人員均未密切注意，故本篇特別強調灌溉排水之理論與實務。

灌溉排水之理論與實務雖有一般性之原則，然而在實際應用上因受複雜之環境因素與人為因素之影響，地區性之差異極大。外國之研究資料與數據甚少可以直接引用於我國，外國參考文獻所導引之應用公式，亦多數為地區性之試驗或經驗公式，即使在其本國亦非有廣泛之適用性，例如作物需水量即不能直接引用美國或日本之資料數據以估計臺灣之作物需水量，此外如輸水損失、有效雨量、灌溉效率等之估計方法，美國文獻所載多不能適應臺灣之田間情形，因此灌溉排水

之基本資料主要有賴當地之研究觀測。

我國之灌溉排水事業亦有悠久之歷史，自古以來，歷代均設有官守掌溝洫之利。但人類雖有數千年之灌溉排水工程，却僅有發展不及百年之灌溉排水科學。我國迄至政府遷臺以前，國內尙未見有灌溉科學上之重要研究文獻，更缺乏各種有關灌溉排水之調查與統計資料。我國在灌溉科學上之研究、理論上之探討、管理上之加強、技術上之改進均肇始於臺灣，因此本篇所得而引用之資料與實例，均出於近十餘年在臺灣之研究成果。

臺灣省之農業經營，其特點為高度集約栽培之小農制度，灌溉排水系統以稻作栽培為對象。因氣候溫和可以周年耕作，配合水源之利用而有各種輪作制度；雨量充沛而分佈不均，增加灌溉排水之需要；河川源流短而比降甚大，主要農業地區則為海岸平坦之沖積平原。地下水位較高常可影響灌溉需水量之估計，因此臺灣之資料亦未必可以引用於中國其他地區。但臺灣之研究方法多數直接在灌溉田間進行，此點有別於外國之研究文獻，並可能較為適合於將來在大陸各省進行研究之參考，因此本篇較多引用臺灣之研究資料而間以外國之參考文獻為對照。

灌溉排水之研究受複雜之環境因素影響難有廣泛之通用性已如上述。灌溉排水之若干重要基本觀念，外國文獻亦未能統一，而在我國則僅臺灣省有較為完整之灌溉排水調查與研究資料可供探討，故本篇第一章先就臺灣之灌溉排水現況加以說明。

為瞭解一地區之灌溉排水實況，必須實地調查灌區之天然環境、區域面積、水源、作物、地形、土壤與耕作情形等有關資料。第二章所列各項灌溉排水基本資料，更為研究任何地區灌溉排水問題必須探討之事項，臺灣之試驗研究數據，雖未必能直接引用於其他地區，但無疑可供原則性之參考。因臺灣之試驗研究，甚多在大面積之田間進行，較外國文獻可能更為適用。

本篇第三章則為泛論灌溉排水系統之一般設計原則，多取材於外國參考書籍，但因篇幅所限未能詳盡。有關工程設計方面之問題，更須參考本手冊各有關專篇及國內外其他專門著作。

第一章 臺灣省灌溉排水現況

臺灣省之農業環境為耕地有限及人口增加迅速。雨量豐沛而分佈不均。但氣候溫和可以一年多作。在此種環境因素之下，形成臺灣農業之特點，即對土地與水源之高度利用，與集約栽培之小農制度。故水與農業之關係，不論為利為害均甚為密切。本章擬先酌列臺灣灌溉排水之基本資料，說明現況，以為進一步探討之依據。

A 灌溉排水面積

臺灣省之耕地並非全部有灌溉或排水設施，但有灌溉排水設施之農田絕大部分屬於稻田。表 1·1 為臺灣省耕地面積，就水田與旱田分別統計如下：

表 1·1 臺灣省之耕地面積 (資料來源：臺灣省農林廳)

年次及縣市別	總 計	田				旱 田
		合 計	兩期作田	單 期 作 田		
				第一期作	第二期作	
國 民 51 年	871,858	530,354	331,765	14,922	183,667	341,504
52 年	872,208	528,709	329,252	14,789	184,659	343,499
53 年	882,239	531,790	333,931	13,941	183,918	350,449
54 年	889,563	536,772	337,433	13,122	186,217	352,791
55 年	896,347	537,399	339,173	12,864	185,362	358,948
臺 北 縣	49,902	25,796	21,758	3,674	364	24,106
宜 蘭 縣	28,391	21,440	20,891	549	—	6,951
桃 園 縣	56,011	44,709	44,564	145	—	11,302
新 竹 縣	42,827	20,760	18,741	1,780	239	22,067
苗 栗 縣	42,471	22,545	19,739	2,806	—	19,926
臺 中 縣	47,465	33,983	33,757	—	226	13,482
彰 化 縣	77,300	56,326	55,557	—	769	20,974
南 投 縣	51,599	17,901	13,712	74	4,115	33,698
雲 林 縣	86,987	66,201	14,425	—	51,776	20,786
嘉 義 縣	71,327	52,221	7,305	360	44,556	19,106
臺 南 縣	98,873	63,978	4,313	566	59,099	34,896

表 1.1 臺灣省之耕地面積 (續) (資料來源：臺灣省農林廳)

年次及縣市別	總計	田				
		合計	兩期作田	單期作田		旱田
				第一期作	第二期作	
高雄縣	56,972	31,502	17,885	1,116	12,501	25,470
屏東縣	79,776	40,143	32,807	349	6,987	39,633
臺東縣	39,155	10,988	9,983	99	906	28,167
花蓮縣	34,786	11,527	10,399	921	207	23,295
澎湖縣	7,011	—	—	—	—	7,011
臺北市	1,081	767	767	—	—	314
基隆市	967	516	453	63	—	451
臺中市	8,623	6,823	6,823	—	—	1,800
臺南市	6,142	3,775	45	131	3,599	2,367
高雄市	4,808	3,314	3,210	86	18	1,494
陽明山管理局	3,873	2,184	2,039	145	—	1,689

由表 1.1 可見臺灣省之耕地面積逐年增加有限，而耕作面積則增加較多。灌溉事業之發展可以提高複作指數，但臺灣省之灌溉設施主要以水稻為對象，除甘蔗外旱田作物大致上在無灌溉設施之地區，故水田面積除少數例外，實際上即為臺灣之灌溉面積。

臺灣之灌溉面積分屬於 26 個農田水利會。水田之灌溉面積按耕地種類分大致如下：

水田	— 雙期作田 —	308,699.61 公頃
		— 第一期作 4,944.92 公頃
	— 單期作田 —	— 第二期作 40,219.02 公頃
		— 二年一作 7,202.57 公頃
	— 輪作田 —	— 三年兩作 41,163.14 公頃
— 三年一作 73,767.67 公頃		

以上各種期作之分類，主要為受水源之限制。為開發新水源，即使耕地面積不增加，而期作可以增加。水利局於民國 53 年曾作臺灣全省灌溉調查，全省灌溉總面積 505,327.16 公頃與表 1.1 所列水田面積 (53 年) 531,790 公頃相差無幾。53 年臺灣灌溉面積按耕地種類分詳列如表 1.2：

表 1-2 臺灣省灌溉面積 (續) (單位:公頃)

	總計		單期作田				輪作田			其他		
	面積	積	計		第一期作	第二期作	計	二年一作	三年兩作	三年一作	面積	積
			面積	積								
南投水利會	7,934.31		7,688.49	11.03			11.03					234.79
彰化水利會	57,960.37		52,930.21	490.14			490.14		863.50			1,317.01
竹山水利會	4,382.33		3,049.95	1,332.38	14.50		1,317.88			2,359.51		
斗六水利會	17,722.70		3,932.43	8,279.57			8,279.57			4,708.90		
臺南水利會	150,674.25		19,332.48	18,763.68			18,763.68		134.16	40,299.64	72,144.29	
高雄水利會	32,237.66		21,337.66	3,743.17	307.58		3,435.59					7,156.83
屏東水利會	52,642.99		33,445.55	5,122.97	266.26		4,856.71					14,074.47
臺東水利會	6,520.14		5,802.77	674.78			674.78					42.59
新港水利會	3,538.30		3,523.02									15.28
花蓮水利會	13,545.58		8,482.59	883.19	883.19							4,179.80

註：資料來源：53 年水利局編印「臺灣省農田水利會灌溉調查報告」。

表列「其他」一欄，指稻作以外享受灌溉之耕地，如旱作田、菜園及其他用水之農地。

由上表可見臺灣之兩期作田面積總計爲 308,699.61 公頃，佔全灌溉面積 61.09%，單期作田 8.94%、輪作田 24.17%、其他 5.80%。因此如水源有着，在現有之灌溉系統，水田栽培面積尙大有增加之可能。若新建或擴充灌溉系統，現有旱田亦可栽培水稻。故臺灣之水稻面積不獨受耕地之限制，更受水源之限制，必須進一步瞭解臺灣之水源實況。

B 灌 溉 水 源

臺灣省之灌溉水源主要爲河川引水，其次爲水庫與埤池蓄水，再其次爲包括地面水與地下水之抽水灌溉。但臺灣之河川源流短而坡峻流急，枯水流量與洪水流量之比值極大，枯水期間引水困難。如用 75% 爲全省平均逕流係數，及平均年雨量 2,500 公厘與全省面積 35,759 平方公里計算，則臺灣年平均地面水全量爲

$$35,759 \times 1,000 \times 1,000 \times 2.5 \times 0.75 = 67,048 \times 10^6 \text{ 立方公尺}$$

亦即 2,126 秒立方公尺

再以水田灌溉率包括渠道損失在內，假定每秒立方公尺灌田 400 公頃，2,126 秒立方公尺流量應可灌溉水田 850,400 公頃，而臺灣稻作栽培即使在二期作面積最廣之時期亦不及半數，其中尙包括蓄水及地下水之灌溉面積，可見臺灣河川引水灌溉之水源利用率不高，此皆由於臺灣河川之不良特性使然。

臺灣省之主要河川計 19 條、次要河川 32 條、普通河川 100 條。全省 26 個農田水利會之灌溉排水設施根據 53 年之調查報告彙列如下：

—引水工程—	—渠首工 364 處
	—攔河壩 828 座
—蓄水工程—	—水庫 12 座
	—埤池 2,198 口
灌溉排水工程設施	—輸水工程：灌溉渠道 21,972 條，總長 29,701,442 公尺
	—抽水工程：抽水機 10,144 臺
	—排水工程：排水路 7,158 條，總長 7,749,457 公尺

以上各項工程設施中仍以引水工程供應絕大部分之灌溉面積，臺灣河川之枯水流量極低，可由表 1-3 窺見其一般：

表 1-3 臺灣省河川實況調查表

縣名	河名	起訖地點	長 (公里)	平均比降	流域面積 (平方公里)	枯水流量 (秒公方)	洪水流量 (秒公方)	備考
宜蘭	大南澳溪	三星山—海岸	43.9	1:21	311.7	1.30	2,220	推算洪水量
宜蘭	武荖坑溪	蘭炭山—頂寮村	18.1	1:12	50.5	0.0	500	推算洪水量
宜蘭	宜蘭濁水溪	南湖北山—鹿後	73.1	1:21	978.6	6.0	7,800	計劃洪水量
臺北	淡水河	品田山—淡水鎮	158.7	1:45	2,725.8	29.3	10,000	臺北橋實測
新竹	鳳山溪	那結山—坎子脚	45.5	1:34	250.1	0.7	1,400	計劃洪水量
新竹	頭前溪	霞隆羅山—南寮	63.0	1:28	568.4	0.1	4,700	計劃洪水量
新竹	後龍溪	鹿山大場—公司寮	58.0	1:22	536.6	0.2	3,400	計劃洪水量
中壢	大安溪	大壠尖山—頂安村	95.8	1:29	758.5	0.2	6,100	計劃洪水量
中壢	大甲溪	南湖東山—頭北厝	140.2	1:39	1,235.7	0.0	10,600	計劃洪水量
中壢	烏水溪	合歡山—麗水村	116.8	1:45	2,025.6	5.0	13,900	計劃洪水量
中壢	新虎港	合歡山—下海厝	186.4	1:55	3,155.2	0.1	22,000	計劃洪水量
南港	北港	烏塗子—蚊巷村	49.9	1:504	109.3	0.4	—	實測
南港	朴子	劉菜園—港口村	81.9	1:159	645.2	0.1	2,020	計劃洪水量
南港	八掌	芋菜坑—東石	75.5	1:53	400.4	0.2	1,100	計劃洪水量
南港	急水	橋起湖—好美村	80.9	1:42	474.7	0.4	1,800	計劃洪水量
南港	曾文	白水溪—虎尾寮	65.1	1:118	378.8	0.2	1,300	計劃洪水量
南港	鹽水	萬崑山—青草崙	138.5	1:57	1,176.6	0.2	6,800	實測
南港	鹽水	六坑尾—安平	41.3	1:295	221.7	—	1,300	計劃洪水量

表 1-3 臺灣省河川實況調查表 (續)

縣名	河川名	起訖地點	長 度 (公里)	平均比降	流域面積 (平方公里)	枯水流量 (秒公方)	洪水流量 (秒公方)	備 考
高雄	二層行溪	豬湖一灣裡	65.2	1:142	350.0	0.1	1,500	計劃洪水量
高雄	阿公店溪	千寮一舊港村	29.7	1:93	135.0	0.0	500	計劃洪水量
屏東	下淡水溪	玉山一亞山村	170.9	1:43	3,256.9	1.0	22,000	計劃洪水量
屏東	東港溪	寮寮一東港	46.9	1:41	472.2	1.3	1,200	計劃洪水量
屏東	林邊溪	南大武山一林邊	42.2	1:15	344.0	0.0	2,500	計劃洪水量
屏東	四重溪	女仍山一車城	31.9	1:59	124.4	0.1	763	實測
臺東	大武溪	大桶林山一武	19.9	1:12	109.5	—	—	—
臺東	知木溪	霧頭山一知本村	39.3	1:14	198.5	0.4	1,200	計劃洪水量
臺東	太麻里溪	北大武山一猴子窟	36.3	1:16	217.5	2.0	680	實測
臺東	大南溪	大浦山一豐源村	37.7	1:18	174.4	—	—	—
臺東	卑南溪	關山一羅東鎮	84.4	1:23	1,603.2	2.0	9,000	計劃洪水量
花蓮	秀姑巒溪	崙天山一港口	81.2	1:34	1,790.5	20.9	10,500	計劃洪水量
花蓮	花蓮溪	拔子山一永興村	57.3	1:25	1,507.1	14.5	9,000	計劃洪水量
花蓮	三棧溪	怕托魯山一三棧	24.5	1:28	123.3	1.6	—	—

註：資料來源：農業要覽農田水利輯