

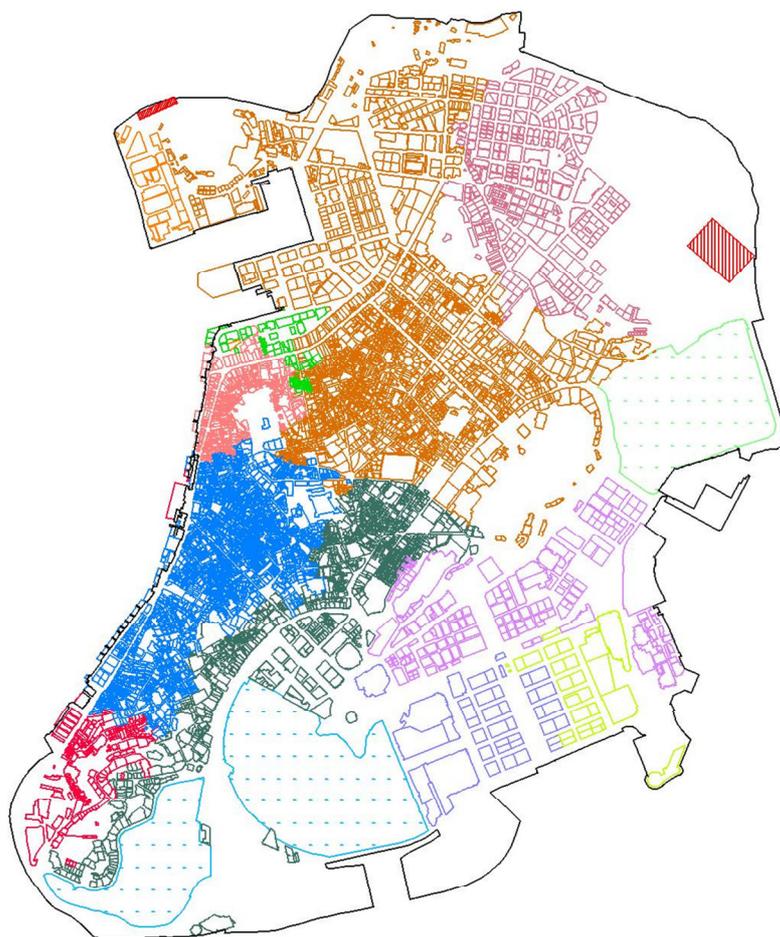


澳門特別行政區政府
GOVERNO DA REGIÃO ADMINISTRATIVA ESPECIAL DE MACAU

土地工務運輸局
DIRECÇÃO DOS SERVIÇOS DE SOLOS, OBRAS PÚBLICAS E TRANSPORTES

“改善澳門半島排水系統”的研究
ESTUDO DO "MELHORAMENTO DAS REDES DE DRENAGEM DA
PENÍNSULA DE MACAU"

最終研究方案報告 Relatório do Estudo Final



索引：

第 I 章 “改善澳門半島排水系統” 的研究目的.....	6
第 II 章 視察井測量及下水道記錄.....	7
第 III 章 雨水排水系統簡介.....	12
III.1. 下水道排水能力.....	12
III.2. 雨水泵房抽升能力.....	13
III.3. 排水口排水能力.....	13
III.4. 降雨強度及雨水流量.....	13
III.5. 歷年之最大降雨強度的降雨實況.....	14
III.6. 水浸黑點.....	15
III.6.1. 水浸成因(新橋及高士德區).....	16
III.6.2. 水浸成因(內港區).....	17
III.6.3. 水浸成因(水塘馬路).....	20
III.6.4. 水浸成因(黑沙環區).....	21
III.6.5. 水浸成因(台山區).....	22
III.7. 集水面積與水浸.....	23
III.8. 雨水下水道被污水污染.....	25
第 IV 章 污水排水系統簡介.....	26
IV.1. 下水道排水能力.....	26
IV.2. 污水泵房抽升能力.....	27
IV.3. 污水流量.....	29
IV.3.1. 用水量及其分佈.....	29
IV.3.2. 人口及其分佈.....	30
IV.3.3. 污水流量計算.....	31
IV.4. 污水處理廠.....	31
IV.5. 污水排水系統情況評估.....	33
IV.5.1. 下水道排水能力評估.....	33
IV.5.2. 泵房抽升能力評估.....	33
IV.5.3. 污水處理廠處理能力評估.....	34
IV.6. 污水排水系統的不正常運作.....	36
IV.6.1. 雨水進入污水泵房.....	36
IV.6.2. 海水進入污水泵房.....	37
IV.6.3. 雨水進入及海水進入澳門半島污水處理廠.....	37
第 V 章 結論.....	38

第 VI 章 規範..... 39

表格目錄：

表 1 - 公共視察井的統計.....	7
表 2 - 公共下水道的統計.....	7
表 3 - 接戶井的統計.....	7
表 4 - 接戶管的統計.....	7
表 5 - 雨水泵房位置及水泵資料.....	13
表 6 - 雨水泵房抽升能力.....	13
表 7 - 以 5 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄.....	14
表 8 - 以 10 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄.....	14
表 9 - 以 30 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄.....	14
表 10 - 以 60 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄.....	15
表 11 - 以 120 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄.....	15
表 12 - 污水泵房位置及水泵資料.....	27
表 13 - 2011 至 2014 年用水量數據.....	29
表 14 - 人口統計資料.....	30
表 15 - 人口預測資料.....	31
表 16 - 污水泵房抽升能力評估.....	34
表 17 - 污水處理廠處理能力評估.....	35
表 18 - 雨水流入泵房平均百分比.....	36
表 19 - 海水進入泵房平均百分比.....	37

圖片目錄：

圖 1	- 雨水視察井及下水道位置.....	9
圖 2	- 污水視察井及下水道位置.....	10
圖 3	- 合流視察井及下水道位置.....	11
圖 4	- 雨水排水系統運作流程圖.....	12
圖 5	- 新橋及高士德區之水浸位置.....	16
圖 6	- 內港區之水浸位置.....	18
圖 7	- 內港區：潮汐 vs 60 min 時段降雨強度.....	19
圖 8	- 水塘馬路之水浸位置.....	20
圖 9	- 黑沙環區之水浸位置.....	21
圖 10	- 台山區之水浸位置.....	22
圖 11	- 主要集水面積.....	24
圖 12	- 污水排水系統運作流程圖.....	26
圖 13	- 各泵房自身收集的污水範圍.....	28
圖 14	- 澳門半島污水處理廠歷年每月的總污水處理量比較.....	32
圖 15	- 澳門跨境工業區污水處理站歷年每月的總污水處理量比較.....	32

簡稱：

DSSOPT -	土地工務運輸局
IACM -	民政總署
DSEC -	統計暨普查局
SMG -	地球物理暨氣象局
DSAMA -	海事及水務局
DSPA -	環境保護局
MW -	澳門自來水股份有限公司
RADARM -	法令第 46/96/M 號 8 月 19 日 – 澳門供排水規章

第 I 章 “改善澳門半島排水系統” 的研究目的

歷年來，澳門半島公共排水系統隨著經濟發展、人口增長及新增填海用地等因素，於不同地區進行了多項排水系統分流、擴容及升級工程。

澳門舊區的排水系統主要為合流模式，而所有新填海區（如黑沙環填海區及新口岸填海區）之排水系統已採用清污分流模式。位於舊區的合流系統已逐漸進行清污分流，可期待未來全澳將全面清污分流。現時清污分流佔澳門半島排水系統約 68% [註: $(\text{雨水下水道長度} + \text{污水下水道長度}) / 2 / (\text{雨水} + \text{污水} + \text{合流下水道總長度}) \times 100\% = 68\%$]。

在雨水排水系統中，約 90% 的雨水經由約 100 個排水口直接排放到大海，而其餘 10% 的雨水則經由 3 個雨水泵房（新林茂塘 (NEW PANTANE) 泵房，林茂塘 (PANTANE) 泵房及跨境泵房）排放到大海。

在污水排水系統中，大部分污水會排放到澳門半島污水處理廠，而只有小部分污水（源自跨境工業區及青洲區）排放到澳門跨境工業區污水處理站。污水會在污水處理廠經過處理然後排放到大海。

排放到澳門半島污水處理廠的污水分別經由 EP1 泵房（比厘喇馬忌士街）、EP2 泵房（媽閣上街）、EP6 泵房（亞馬喇前地）、NAPE 泵房（皇朝廣場）、EP3A 泵房（皇朝廣場）和 EP7 泵房（友誼大馬路與羅理基博士大馬路交界）組成南面之污水排水系統，及經由 EE4 泵房（沙梨頭海邊街與爹美刁施拿地大馬路交界）、EE2 泵房（罈些喇提督大馬路與大興街交界）、EP3 泵房（罈些喇提督大馬路與拱形馬路交界）和 EP4 泵房（黑沙環第六街）組成北面之污水排水系統。

考慮到澳門半島現有排水系統的複雜性，以及合流系統與清污分流系統的相互關係，或許存在以下不同狀況：

1. 下水道錯駁；
2. 下水道倒流；
3. 海水倒灌；
4. 雨水下水道被污水污染；
5. 流入合流排水系統的雨水進入污水排水系統；
6. 抽升系統設備相對落後；
7. 在抽升系統建造後，其相配的壓力管沒有進行相應升級；
8. 抽升系統抽升能力不足；
9. 污水處理廠處理能力不足；
10. 下水道排水能力不足。

第 II 章 視察井測量及下水道記錄

經進行視察井測量及分類後，統計出各類下水道的長度資料、接戶井及公共視察井的數量，得出以下數據：

表 1 - 公共視察井的統計

分類	數量 (個)	百分比 (%)
公共雨水視察井	5,479	41.6
公共污水視察井	4,509	34.3
公共合流視察井	3,178	24.1
總數	13,166	100.0

表 2 - 公共下水道的統計

分類	長度 (m)	百分比 (%)	數量 (段)	百分比 (%)
公共雨水下水道	122,521	42.6	5,462	40.9
公共污水下水道	110,241	38.4	4,606	34.5
公共合流下水道	54,712	19.0	3,276	24.6
總數	287,475	100.0	13,344	100.0

表 3 - 接戶井的統計

分類	數量 (個)	百分比 (%)
雨水接戶井	3,189	39.1
污水接戶井	3,471	42.6
合流接戶井	1,494	18.3
總數	8,154	100.0

表 4 - 接戶管的統計

分類	長度 (m)	百分比 (%)	數量 (段)	百分比 (%)
雨水接戶管	29,715	42.4	3,180	39.0
污水接戶管	29,745	42.5	3,601	44.2
合流接戶管	10,552	15.1	1,367	16.8
總數	70,012	100.0	8,148	100.0

就清污分流角度而言（假設清污分流的長度為雨水及污水下水道長度的平均數），約 68% 的排水系統為清污分流系統。在排水口數目方面，是次測量共發現 106 個排水口。

❧ 第 II 章 ❧

經分類後，圖 1、圖 2 及圖 3 分別展示：

1. 雨水視察井及下水道位置；
2. 污水視察井及下水道位置；
3. 合流視察井及下水道位置。

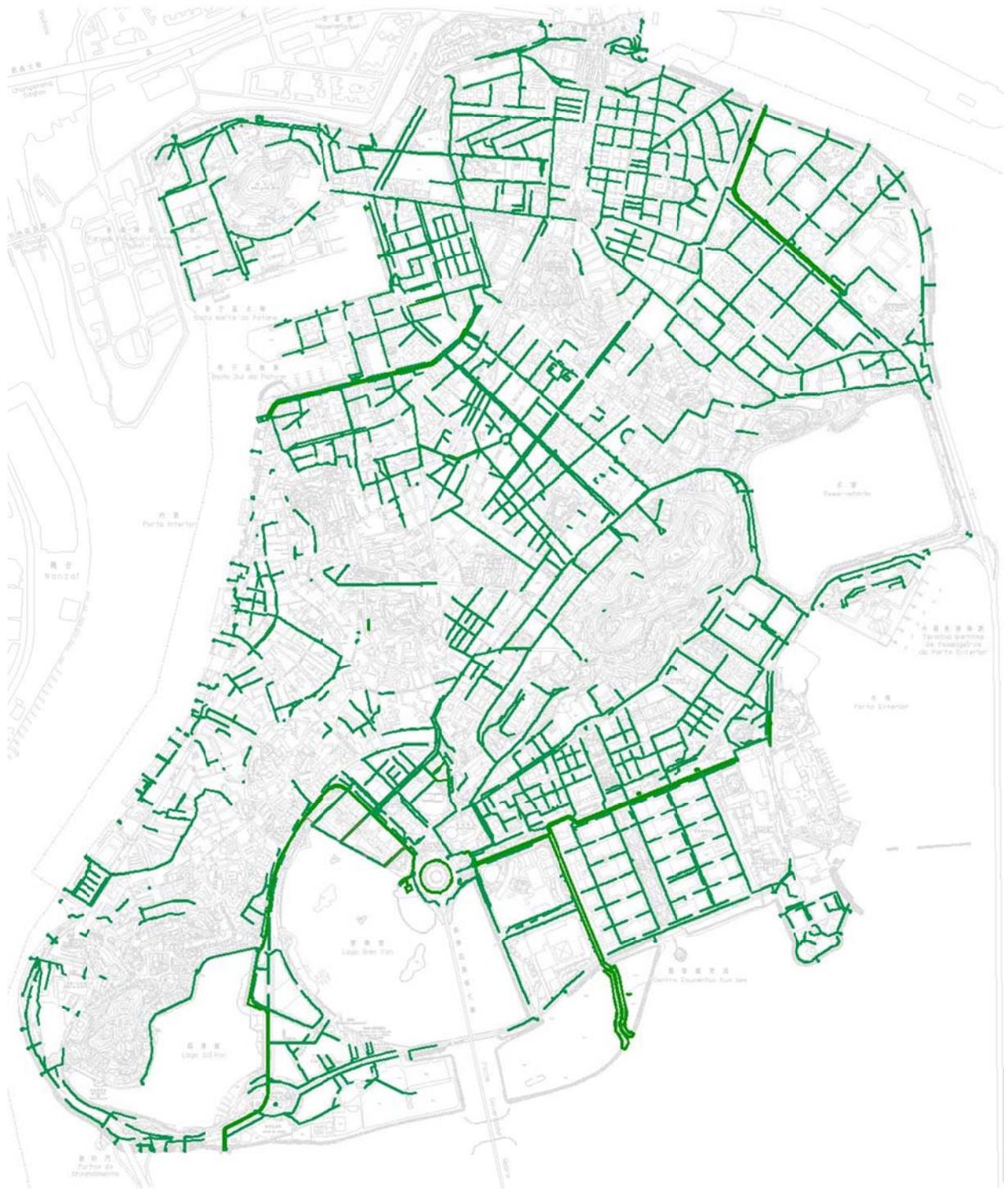


圖 1 - 雨水視察井及下水道位置

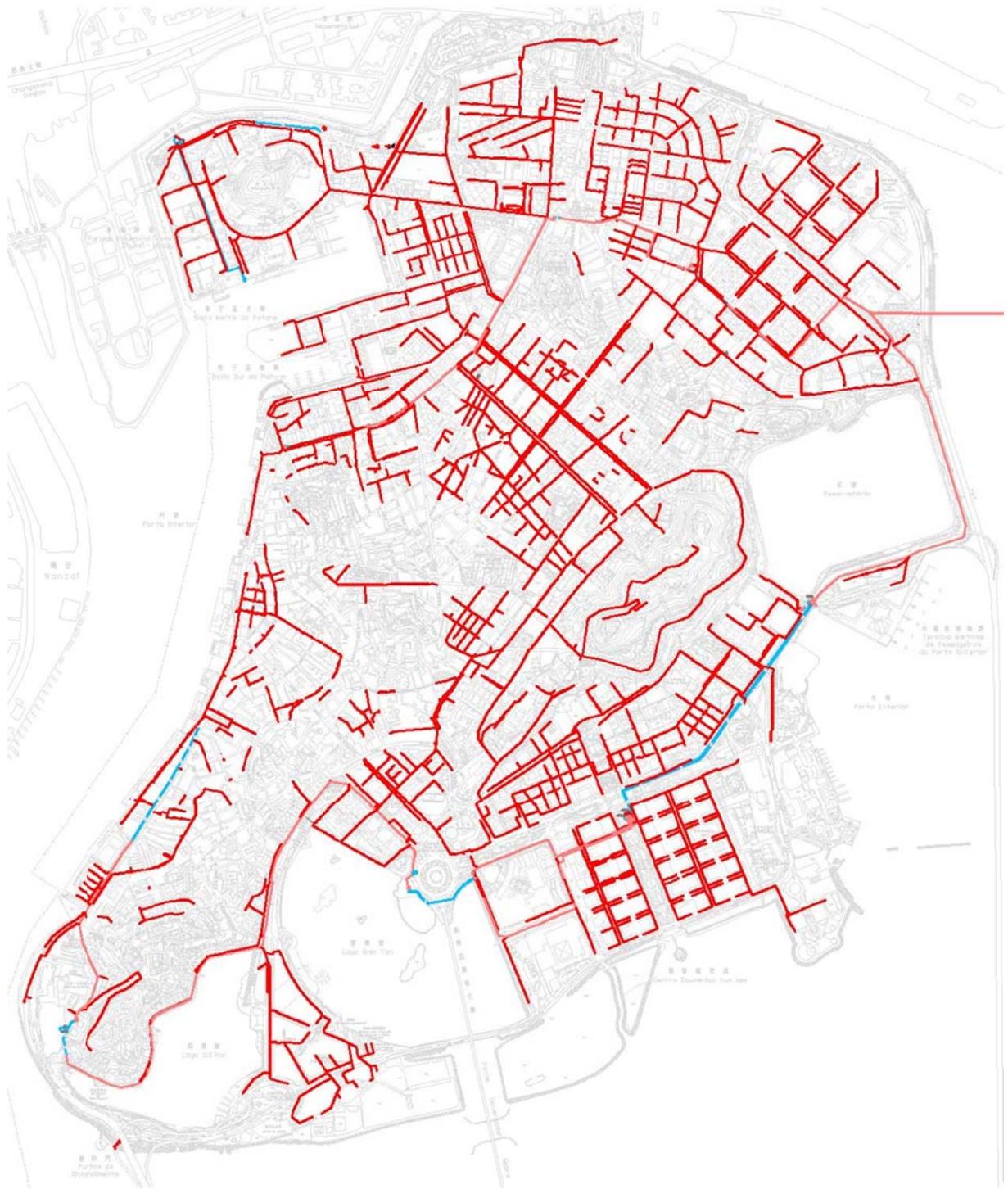


圖 2 - 污水視察井及下水道位置
(藍色部分為壓力管)

第 III 章 雨水排水系統簡介

雨水排水系統為排水系統中接收雨水的部分，組成部分分別為雨水視察井及下水道、合流視察井及下水道、雨水泵房及排水口。雨水排水系統運作流程可參考圖 4。



圖 4 - 雨水排水系統運作流程圖

由於雨水會經過下水道及最終透過雨水泵房或直接排放到排水口，若相關下水道排水能力低於排放到該處的雨水流量，將會發生水浸情況。

III.1. 下水道排水能力

在計算排水系統的排水能力上，一般採用曼寧經驗公式 (*Manning Formula*) 來估算下水道的排水能力。故此，本研究也採用同一公式：

$$Q_c = 1000 K A_p R_h^{2/3} J^{1/2} \quad (1)$$

$$R_h = A_p / P \quad (2)$$

其中：

Q_c - 排水能力 (l/s)

K - 下水道物料摩擦係數 (75 m^{1/3}/s 用於混凝土下水道；83 m^{1/3}/s 用於鑄鐵下水道；110 m^{1/3}/s 用於 uPVC 下水道)

A_p - 下水道水力面積 (m²)

P - 下水道水力周長 (m)

R_h - 下水道水力半徑 (m)

J - 水力坡線或是線性揚程損失的傾斜度，在沒有壓力下計算中其值等於下水道的傾斜度， i ，而在壓力下計算中其值等於上游與下游之高差除以其長度 (根據 RADARM，下水道內液層高度考慮為總高度)

根據測量資料，可計算出以上各參數，並估算出每段下水道的排水能力。

III.2. 雨水泵房抽升能力

根據水泵資料 (參考表 5)，可估算出載於表 6 的雨水泵房抽升能力。由於雨水泵房並沒有壓力管段，只需相加各水泵抽升能力便能估算出各泵房抽升能力。

表 5 - 雨水泵房位置及水泵資料

泵房名稱	位置	水泵牌子及型號	功率 (kW)	水泵數量 (台)
新林茂塘 (NEW PATANE)	林茂海邊大馬路近 34 號碼頭	FLYGT/P7121	200.0	3
林茂塘 (PATANE)	林茂海邊大馬路與船澳街交界	FLYGT/P7101	90.0	3
跨境	青州河邊馬路中段	FLYGT/P7101	140.0	3

表 6 - 雨水泵房抽升能力

泵房名稱	抽升能力 (l/s)		
	1 台水泵同時開啟	2 台水泵同時開啟	3 台水泵同時開啟 (其中 1 台為後備水泵)
新林茂塘 (NEW PATANE)	4,520	9,040	13,560
林茂塘 (PATANE)	2,260	4,520	6,780
跨境	2,260	4,520	6,780

III.3. 排水口排水能力

就雨水排水系統的排水能力評估而言，均建基於下游是暢通無阻。所以，若要使下水道排水能力能夠充分發揮，其排水口及其下游下水道也必須保持暢通的狀況。

排水口排水能力隨著潮汐高低而變化，當潮汐高於排水口時，相關排水能力將減少。由於澳門多處屬低窪地形 (內港區)，出現海水倒灌為可預見之情況。

III.4. 降雨強度及雨水流量

為著計算進入地下排水網絡之雨水設計流量，本研究透過以下廣泛應用的 *Rational Formula*：

$$Q_d = \sum C_i I A_i / 3600 \quad (3)$$

其中：

Q_d - 雨水計算流量 (l/s)

C_i - 直接排放到上游排水系統視察井 i 的逕流係數 (於市區及小型綠化區， $C = 0.9$ ，於大型綠化區 (如松山)， $C = 0.6$)

I - 降雨強度 (mm/h)

A_i - 直接排放到上游排水系統視察井 i 的集水面積 (m²)

在降雨強度 (I) 方面，澳門供排水規章 (RADARM) 附件 7 訂立了以下計算方法：

$$I = a t^b \quad (4)$$

其中：

I - 降雨強度 (mm/h)

a, b - 重現週期參數 (根據 RADARM 第 74 條中所建議，採用 10 年重現週期)

t - 歷時 (雨水進入公共下水道時間 (min))

III.5. 歷年之最大降雨強度的降雨實況

本部分抽出了歷年來以 5、10、30、60、120 min 時段降雨強度最大的 5 場降雨，並分析是否於每場大雨均會發生水浸 (參考表 7 至表 11)。

表 7 - 以 5 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄

降雨開始時間	降雨結束時間	錄得降雨時間 (min)	降雨強度 (mm/h)	有沒有水浸
2002-07-02 16:35	2002-07-02 17:20	46	297.6	沒有
2001-09-01 22:10	2001-09-01 22:41	32	271.2	沒有
1992-06-01 10:24	1992-06-01 10:33	10	268.8	沒有
2006-08-10 06:08	2006-08-10 06:37	30	268.8	沒有
2007-06-10 02:56	2007-06-10 03:06	11	240.0	有

表 8 - 以 10 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄

降雨開始時間	降雨結束時間	錄得降雨時間 (min)	降雨強度 (mm/h)	有沒有水浸
2002-07-02 16:35	2002-07-02 17:20	46	205.2	沒有
2000-08-23 19:06	2000-08-23 20:48	103	159.6	沒有
1996-05-06 02:04	1996-05-06 07:43	340	154.8	有
2002-06-09 14:40	2002-06-09 14:57	18	153.6	有
1992-06-01 10:24	1992-06-01 10:33	10	148.8	沒有

表 9 - 以 30 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄

降雨開始時間	降雨結束時間	錄得降雨時間 (min)	降雨強度 (mm/h)	有沒有水浸
2000-08-23 19:06	2000-08-23 20:48	103	126.0	沒有
2000-04-14 02:19	2000-04-14 06:14	236	101.6	有
1997-07-03 22:21	1997-07-04 00:44	144	96.4	有
2004-05-08 04:08	2004-05-08 07:29	202	94.4	有
2002-07-02 16:35	2002-07-02 17:20	46	92.0	沒有

表 10 - 以 60 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄

降雨開始時間	降雨結束時間	錄得降雨時間 (min)	降雨強度 (mm/h)	有沒有 水浸
2000-04-14 02:19	2000-04-14 06:14	236	81.4	有
2000-08-23 19:06	2000-08-23 20:48	103	81.2	沒有
1997-07-03 22:21	1997-07-04 00:44	144	77.6	有
2010-06-09 07:49	2010-06-09 09:52	124	77.0	有
2004-05-08 04:08	2004-05-08 07:29	202	75.0	有

表 11 - 以 120 min 時段降雨強度排序的 5 個最大降雨記錄

降雨開始時間	降雨結束時間	錄得降雨時間 (min)	降雨強度 (mm/h)	有沒有 水浸
1997-07-03 22:21	1997-07-04 00:44	144	60.4	有
2010-06-09 07:49	2010-06-09 09:52	124	59.6	有
2000-04-14 02:19	2000-04-14 06:14	236	55.4	有
1997-06-16 01:36	1997-06-16 08:57	442	55.0	有
1996-05-06 02:04	1996-05-06 07:43	340	54.6	有

從數據分析所示，水浸發生並非單獨取決於降雨強度，也會受降雨時間長短的影響。隨著降雨時間的增加，發生水浸的機率也增加。

III.6. 水浸黑點

歷年來澳門半島曾發生不同程度的水浸，以新橋區、高士德區及內港一帶最為嚴重及頻繁。本研究把所有在報章上或網上搜尋到 2000 年後的水浸資料及水位站數據作歸納，及考慮到近年排水系統的改變，澳門半島的過往出現水浸位置的地點：

1. 新橋及高士德區；
2. 內港區；
3. 水塘馬路；
4. 黑沙環區；
5. 台山區。

除上述分析的水浸位置的地點外，以下為偶然發生水浸的地點：

1. 筷子基區；
2. 關閘區；
3. 祐漢區；
4. 南灣區；
5. 新口岸區；
6. 青洲區。

由於其偶然發生性，其成因不能被確定 (或因內部抽升系統發生偶然事故)。加上當中部分水浸地區已進行下水道重整工程，若重整後沒有再錄得水浸，則不會針對其提出改善方案。

III.6.1. 水浸成因(新橋及高士德區)

新橋及高士德區是澳門歷年來最常發生水浸的黑點之一，如鏡湖馬路、高士德大馬路及三盞燈一帶等。圖 5 展示該區主要水浸位置及其發生水浸的年份。

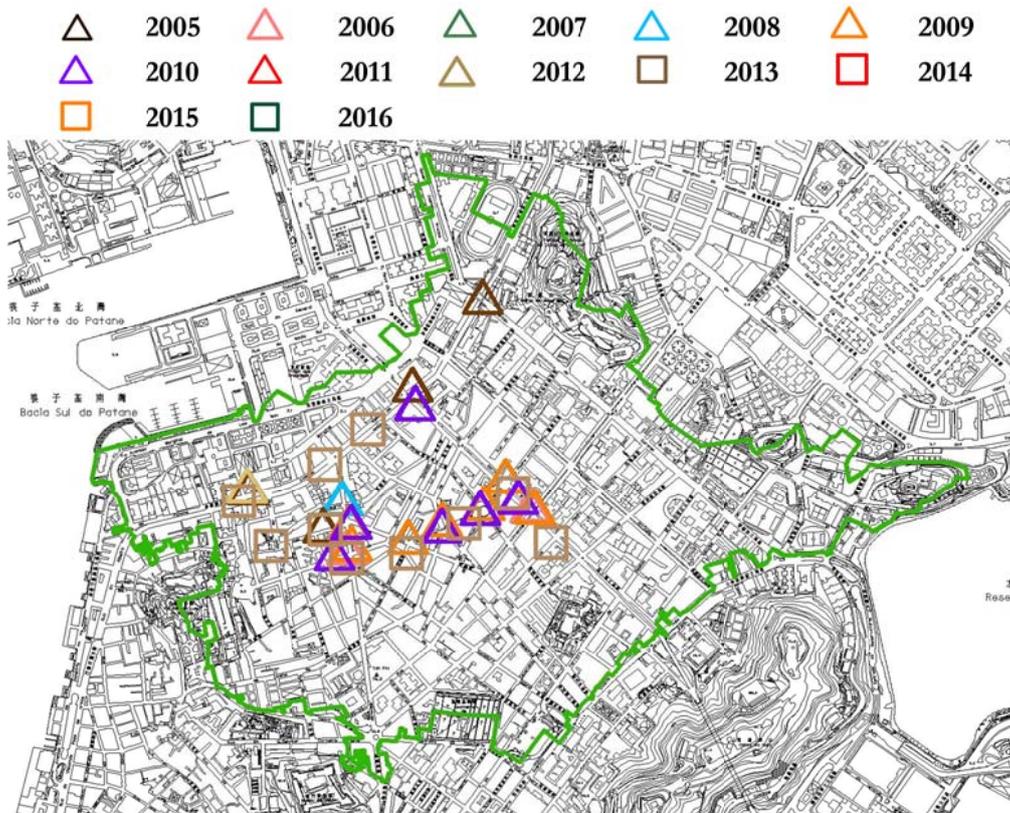


圖 5 - 新橋及高士德區之水浸位置

排水口擋水問題

由於 2005 年建成了新林茂塘 (NEW PATANE) 泵房，新橋及高士德區的排水口擋水問題已基本上解決。

下水道排水能力不足問題

當下水道排水能力低於雨水流量時，則會引起水浸。而新橋及高士德區下水道排水能力較弱位置為鏡湖馬路、高士德大馬路及俾利喇街。

不正常排水系統問題 - 集水井淤塞

在不正常排水系統問題方面，經現場視察，位於紅街市一帶均發現集水井淤塞的情況，相信是構成紅街市周邊地區的區域性水浸成因。將建議清理集水井以解決該區水浸問題。

不正常排水系統問題 - 下水道淤塞

於視察井測量時，發現有部分下水道淤塞，以新橋區較為嚴重。有關情況會影響下水道排水能力，將建議清理下水道以解決該區水浸問題。

雨水排放到污水下水道

由於高士德大馬路收集了其南面排水系統的污水，而於進入高士德大馬路污水下水道前，會先作分流以避免過多雨水流入其中（一共四處備有分流設施：高士德大馬路與高地烏街交界、高士德大馬路與連勝馬路交界、高士德大馬路與群隊街交界及高士德大馬路與荷蘭園大馬路交界）。

經現場觀察，俾利喇街的污水下水道（即清污分流工程前的合流下水道），仍然收集了周邊大廈及上游的污水和雨水，並排放至高士德大馬路。當雨水流量大於污水下水道的排水能力時，雨水因無法進入排水系統而於路面逕流至地勢低處，繼而引起水浸。

不正常排水系統問題 - 其他

於光復街與連勝馬路交界發現下水道不正常倒流情況，該交界處之雨水下水道收集了光復街一段（三盞燈至該交界處）、羅利老馬路一段（渡船街至該交界處）及連勝馬路一段（渡船街至該交界處）之雨水。其不正常倒流情況會導致光復街的一段下水道排水能力不足。

另外，大興街一帶曾經是新橋區錄得水浸的區域，由於該區域已進行了下水道重整工程，加上近年來沒有再錄得嚴重區域性水浸（於 2013 年 5 月的一場暴雨除外），無法確認其水浸之持續性。

而沙梨頭海邊街及罈些喇提督大馬路曾經於較強降雨時錄得水浸情況（如於 2013 年 5 月的一場暴雨，造成了澳門半島整體性水浸的發生）。

III.6.2. 水浸成因及改善方案（內港區）

圖 6 展示該區主要水浸位置及其發生水浸的年份。

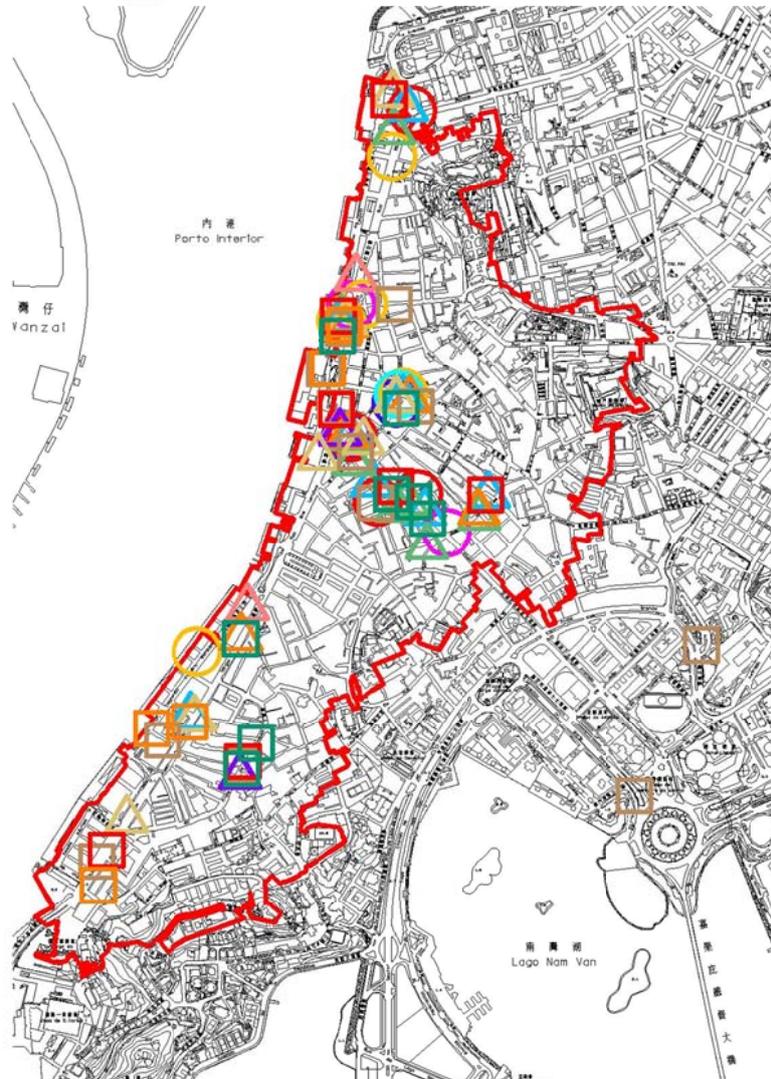


圖 6 - 內港區之水浸位置

排水口擋水問題

內港一帶屬於澳門半島的低窪地區，容易受到潮汐的影響，加上部分的視察井屬長期海水倒灌，排水口和下水道排水能力也受影響。

若把水浸發生時及沒有發生水浸時的降雨強度 (作 x 軸) 及潮汐記錄 (作 y 軸) 進行比對，發現一條明顯臨界線，臨界線以上之範圍，為引起水浸的降雨強度及潮汐之關連，而相關臨界線就正是排水口擋水問題的表現。

相關情況必須透過建造雨水泵房來解決。

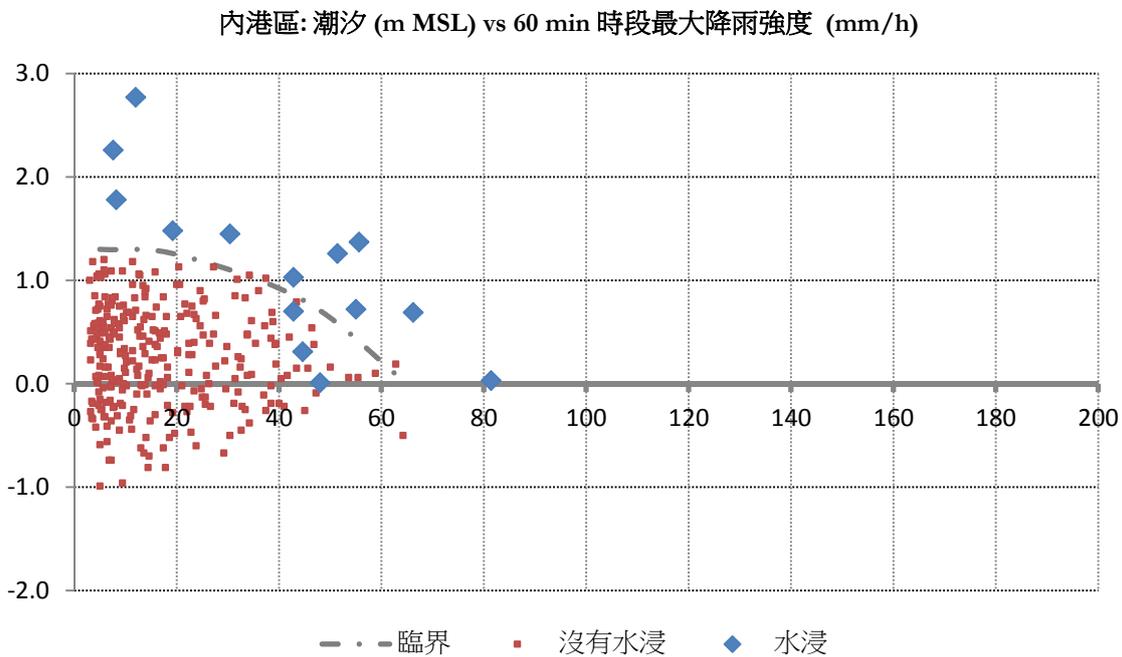


圖 7 - 內港區: 潮汐 vs 60 min 時段降雨強度

下水道排水能力不足問題

當下水道排水能力低於雨水流量時，則會引起水浸。而內港區下水道排水能力較弱位置為草堆街尾段、航海學校街與河邊新街交界及下環街。

風暴潮問題

在圖 7 中，儘管降雨強度低至 10 mm/h，配上較高潮汐，也曾經有水浸發生，可推斷為風暴潮問題引起。

雨水排放到污水下水道

下環街周邊一帶的內街主要為合流系統，並接駁至下環街之污水下水道。於水手斜巷、三巴仔斜巷、龍頭左巷及草蓆圍一帶收集的雨水及污水，在沒有設置分流井的情況下，直接排放至下環街的污水下水道。故此，當雨水流量大於污水下水道的排水能力時，雨水因無法進入排水系統而於路面逕流至地勢低處，繼而引起水浸。

不正常排水系統問題 - 集水井及下水道淤塞

經現場視察，集水井淤塞的情況主要發生於爹美刁施拿地大馬路一帶。而下水道淤塞的情況則集中於新馬路一帶之內街，大部分為頭井位置，主要下水道則沒有發現明顯

連續性淤塞情況。故此，於爹美刁施拿地大馬路一帶及新馬路一帶之內街的區域性水浸與淤塞有相聯性。

III.6.3. 水浸成因(水塘馬路)

圖 8 展示該區主要水浸位置及其發生水浸的年份。

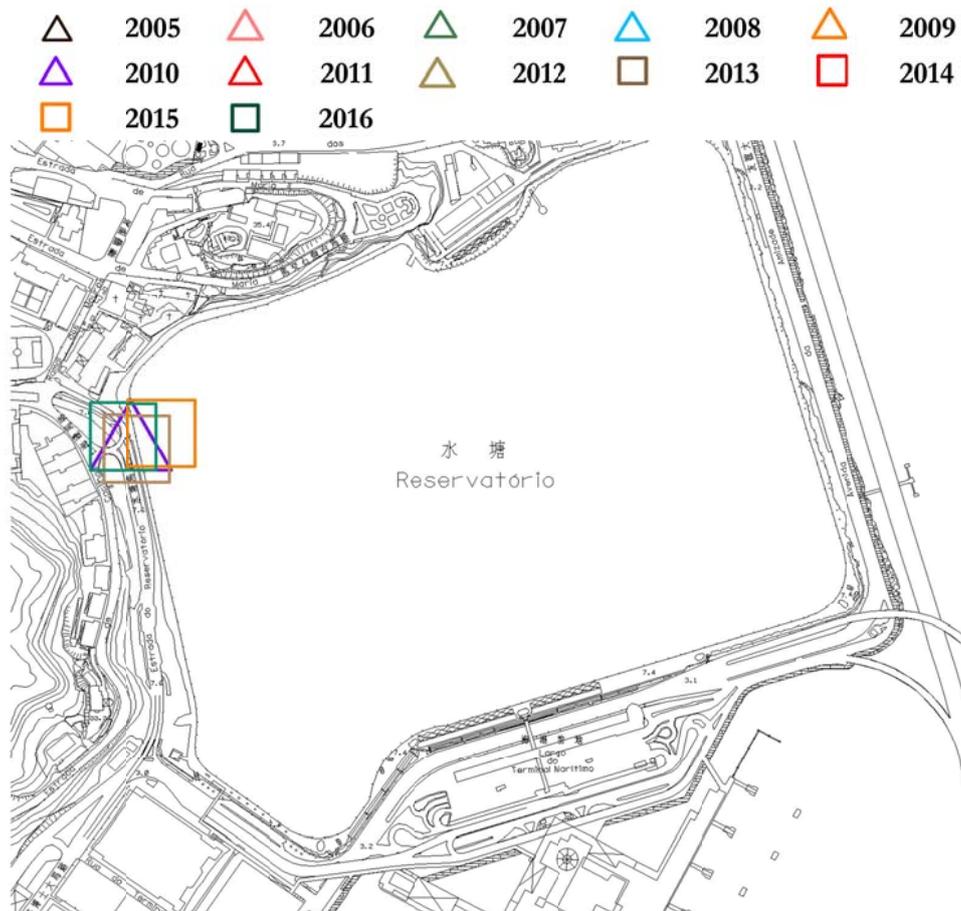


圖 8 - 水塘馬路之水浸位置

下水道排水能力不足問題

經確認，下水道排水能力不足問題存在，當下水道排水能力低於雨水流量時，則會引起水浸。建議進行下水道升級以增加其排水能力，也可以於上游透過雨水改道以減少流入的雨水。

III.6.4. 水浸成因(黑沙環區)

圖 9 展示該區主要水浸位置及其發生水浸的年份。

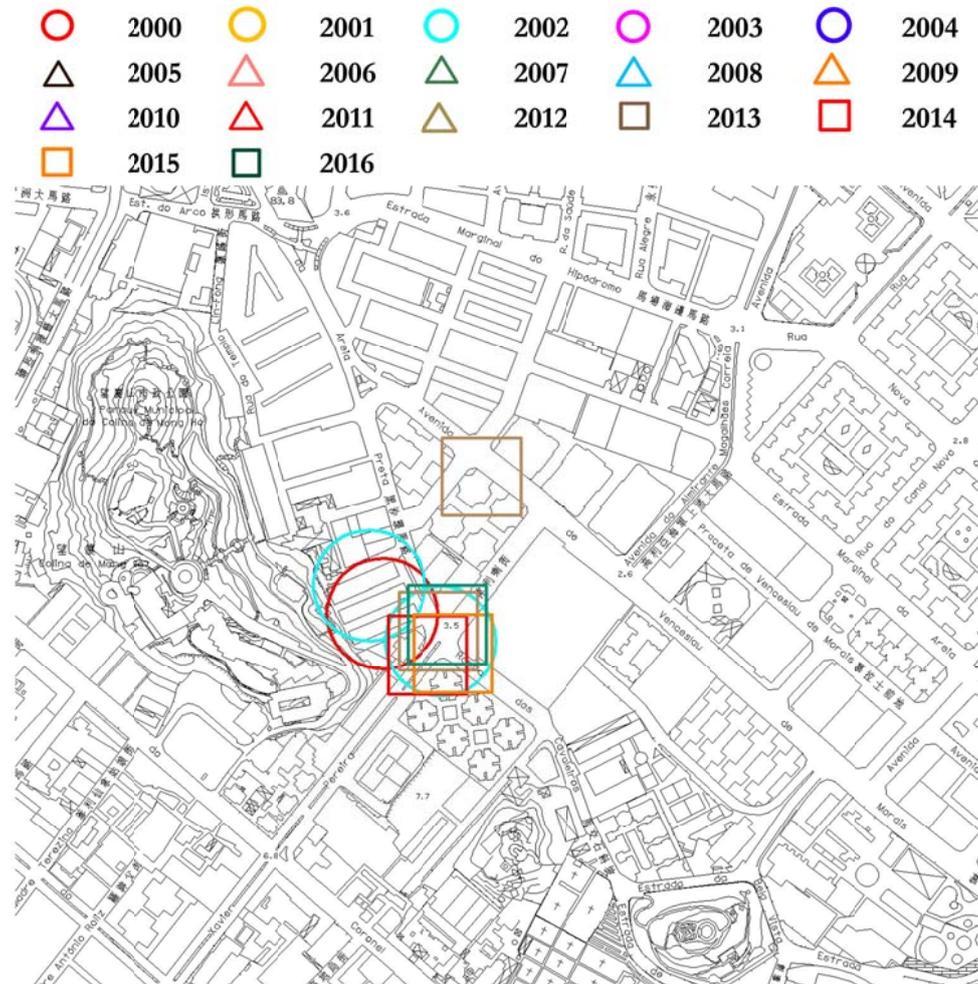


圖 9 - 黑沙環區之水浸位置

下水道排水能力不足問題

該區為傳統水浸地區，當降雨強度較高時，均會發生水浸。這也突顯下水道排水能力不足的情況 - 水浸發生與降雨強度存在直接關係。下水道排水能力較弱位置為黑沙環馬路/馬交石斜坡與俾利喇街交匯處。

此外，位於黑沙環馬路/馬交石斜坡與俾利喇街交匯處的下水道非常淺 (約只有 0.60 m 的覆土)，加上排水能力不足，雨水無法正常排放，便會於短時間內湧上地面。同時，該處位於馬交石斜坡的下游，所有上游不能排放到排水系統的雨水均會湧上地面及逕流至該交匯處。

III.6.5. 水浸成因(台山區)

圖 10 展示該區主要水浸位置及其發生水浸的年份。

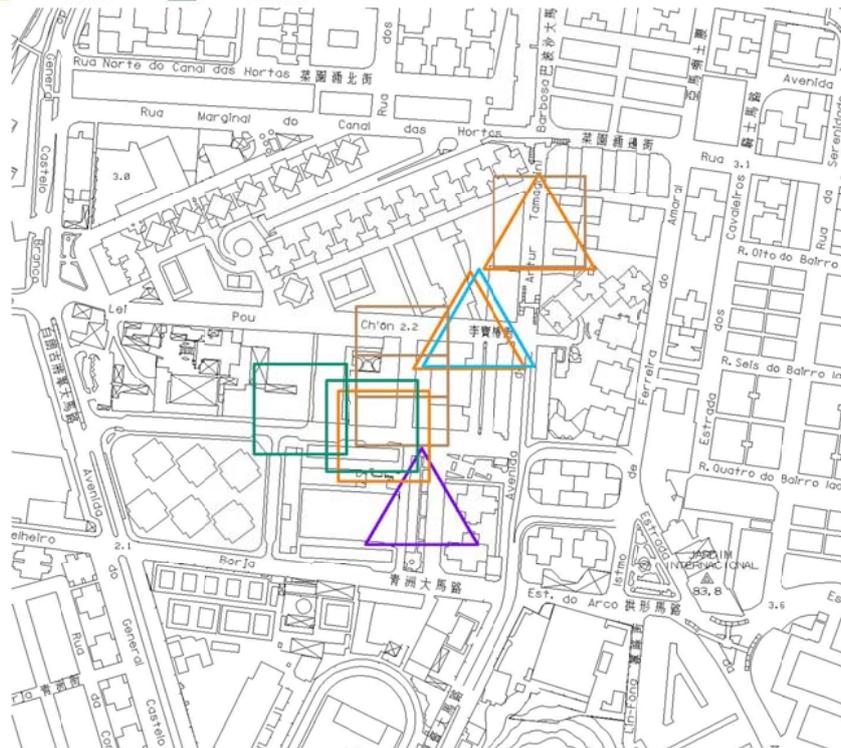


圖 10 - 台山區之水浸位置

排水口擋水問題

台山區水浸位置之雨水排水口位於鴨涌河，其平水較低，相比其他排水口，更容易受潮汐擋水影響。另外，台山區水浸地點與排水口距離較遠 (約 800 m)，代表需要更大的水壓差才可以把雨水排放至排水口。而台山區水浸地點之雨水視察井主要為頭井，加上其覆土較淺，無法透過視察井積水來增加所需要的水壓差。故此，較強降雨配下游擋水時，會首先觸發台山中街及周邊產生水浸。

不正常排水系統問題 - 下水道淤塞及不當雨水排放

現場發現於台山中街周邊的下水道存在不正常淤塞，亦發現不當雨水排放的情況。由於馬路的集水井主要收集來自馬路和行人路的雨水，若有大量額外雨水排放到馬路路面，集水井排水能力未必能負荷；同時下水道淤塞也大大減低其排水能力。

III.7. 集水面積與水浸

基於每個排水口分別擁有各自的集水面積，可得知澳門半島擁有超過 100 個大小不一的集水面積，圖 11 展示面積較大的排水口集水面積。

在水浸發生時，由於下水道排水能力已飽和，雨水無法進入雨水排水系統，繼而透過路面逕流至周邊低窪地帶。若發生水浸的地區集水面積較大，則會引起相對範圍較大的水浸。內港區、新橋及高士德區，佔總集水面積百份比均大於 10%，與歷年來報章也集中報導該三處的水浸情況吻合。另一方面，由於新口岸區下水道排水能力足夠，水浸發生的機率較低，因此較大集水面積並不會對新口岸區構成負面影響。



圖 11 - 主要集水面積

III.8. 雨水下水道被污水污染

由於澳門半島的排水系統由新舊排水系統組成 (分流及合流排水系統)，且存在污水錯誤排放到雨水排水系統的情況，雨水排水系統受不同程度的污水污染，而主要受污染的區域分別為筷子基北灣、筷子基南灣、鴨涌河、皇朝區及黑沙環區，成因如下：

- 筷子基北灣 - 成因為污水錯誤地排放到雨水下水道，及合流下水道排放到雨水下水道；
- 筷子基南灣 - 成因為分流井積水及止回閥無法正常運作而導致分流井失去分流功能；
- 鴨涌河 - 成因為污水錯誤地排放到雨水下水道；
- 皇朝區 - 成因為污水錯誤地排放到雨水下水道；
- 黑沙環區 - 成因為污水錯誤地排放到雨水下水道。

將建議把錯駁的下水道以重力流方式重新接駁到同類下水道、加強執法及增加巡查、改善分流井、設置及保養止回閥、建造新污水下水道及污水泵房把污水排放到澳門半島污水處理廠。

第 IV 章 污水排水系統簡介

污水排水系統為排水系統中接收污水的部分，組成部分分別為污水視察井及下水道、合流視察井及下水道、污水泵房及污水處理廠。污水排水系統運作流程可參考圖 12。

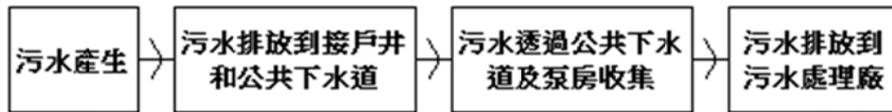


圖 12 - 污水排水系統運作流程圖

IV.1. 下水道排水能力

在計算排水系統的排水能力上，一般採用曼寧經驗公式 (*Manning Formula*) 來估算下水道的排水能力。故此，本研究也採用同一公式：

$$Q_c = 1000 K A_p R_h^{2/3} J^{1/2} \quad (1)$$

$$R_h = A_p / P \quad (2)$$

其中：

Q_c - 排水能力 (l/s)

K - 下水道物料摩擦係數 (75 $m^{1/3}/s$ 用於混凝土下水道；83 $m^{1/3}/s$ 用於鑄鐵下水道；110 $m^{1/3}/s$ 用於 uPVC 下水道)

A_p - 下水道水力面積 (m^2)

P - 下水道水力周長 (m)

R_h - 下水道水力半徑 (m)

J - 水力坡線或是線性揚程損失的傾斜度，在沒有壓力下計算中其值等於下水道的傾斜度， i ，而在壓力下計算中其值等於上游與下游之高差除以其長度 (根據 RADARM，下水道內液層高度考慮為總高度)

根據測量資料，可計算出以上各參數，並估算出每段下水道的排水能力。

IV.2. 污水泵房抽升能力

澳門半島共有 12 個污水泵房，位置及水泵資料如下。

表 12 - 污水泵房位置及水泵資料

區	泵房	位置	水泵牌子及型號	功率 (kW)	水泵數量 (台)
澳門半島南面	EP1	比厘喇馬忌士街	FLYGT/CP3201	22.0	3
	EP2	媽閣上街	FLYGT/CP3201	22.0	3
	EP6	亞馬喇前地	FLYGT/CP3531-765	80.0	6
	EP3A	皇朝廣場	CP3306/665 425mm	90.0	6
	NAPE	皇朝廣場	FLYGT/C3400	125.0	5
	EP7	友誼大馬路與羅理基博士大馬路交界	FLYGT/3356-705	61.0	3
澳門半島北面	EE4	沙梨頭海邊街與爹美刁施拿地大馬路交界	FLYGT/CP3127	5.9	3
	EE2	罈些喇提督大馬路與大興街交界	FLYGT/CP3102	3.1	3
	EP3	罈些喇提督大馬路與拱形馬路交界	FLYGT/CP3356-605	58.0	4
	EP4	黑沙環第六街	FLYGT/C3501	125.0	4
	EP5	筷子基北灣	KSB/KRTK	24.0	3
	跨境工業區	工業園街	CP3300/LT-804	27.0	3

泵房實際抽升能力如下：

澳門半島南面：

- EP1 泵房： 112 l/s
- EP2 泵房： 132 l/s
- EP6 泵房： 1380 l/s
- EP3A 泵房： 1680 l/s
- NAPE 泵房： 1070 l/s
- EP7 泵房： 1050 l/s

澳門半島北面：

- EE4 泵房： 71 l/s
- EE2 泵房： 74 l/s
- EP3 泵房： 780 l/s
- EP4 泵房： 1340 l/s
- EP5 泵房： ---
- 跨境工業區泵房： 460 l/s

各污水泵房自身收集的污水範圍如下：

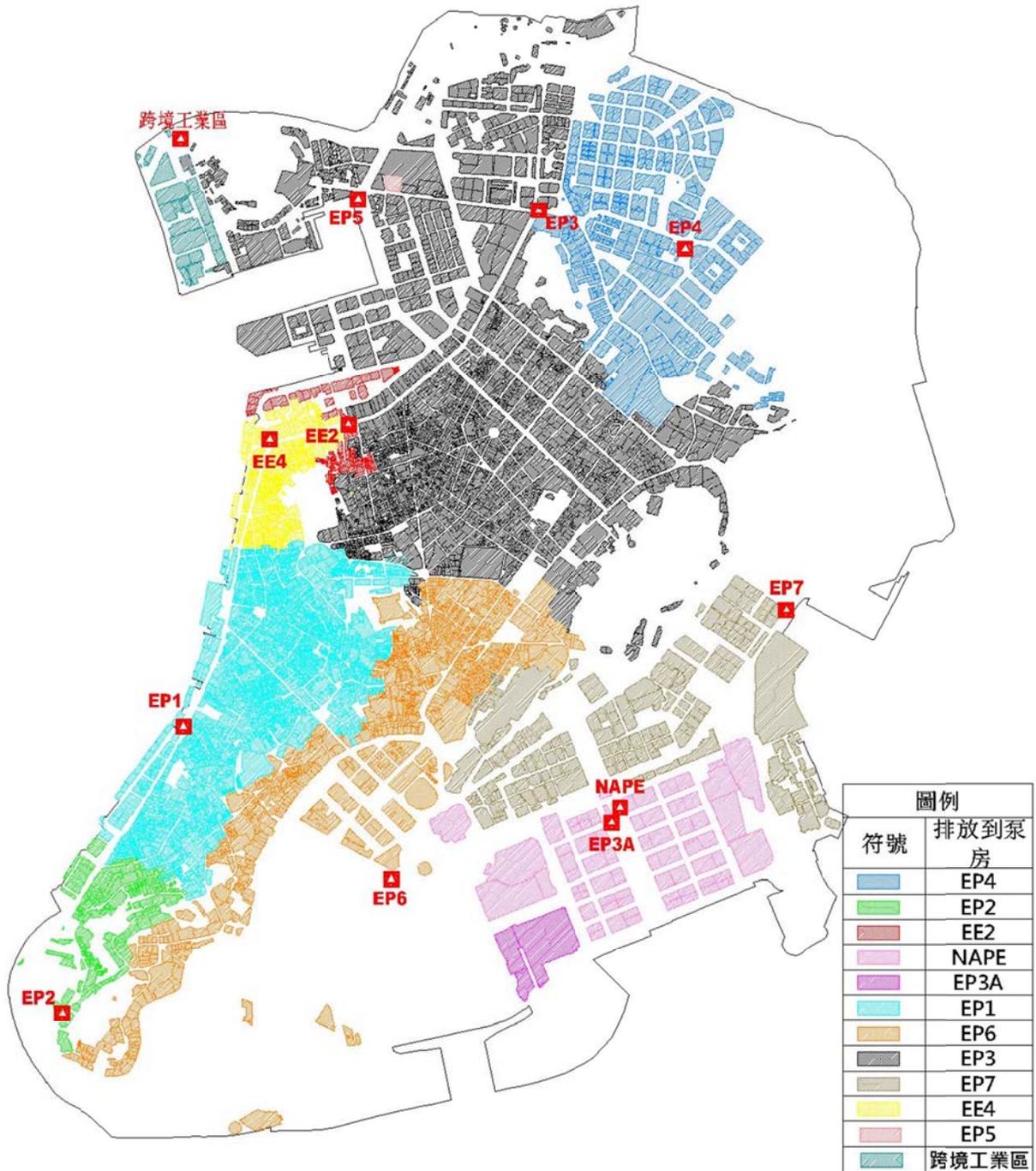


圖 13 - 各泵房自身收集的污水範圍

IV.3. 污水流量

IV.3.1. 用水量及其分佈

澳門自來水股份有限公司所提供之用水量記錄是以街道為界限，並為各街道劃分用途及記錄相應之用水量。將使用澳門自來水股份有限公司提供之數據分析 2010 年至 2014 年於澳門半島的用水量增長，是次結論可反映未來之污水流量及對污水排水系統負荷的增加。

用水量主要分為如下：

- 居民在家中的用水量；
- 居民在家外的用水量；
- 其他非居民的用水量；
- 工業及其他用水量。

根據 2011 年澳門人口普查和 2012、2013 及 2014 年澳門半島估計人口，及留宿遊客(透過澳門半島酒店入住率來估算，約共有 11,754 間客房，考慮 80% 的入住率及每間客房住有兩個遊客)，可以計算出以下各個參數，結果載於表 13：

- 住宅年平均每人每日用水量；
- 年平均每人每日用水量指標；
- 年平均每人每日用水量。

表 13 - 2011 至 2014 年用水量數據

澳門半島								
年份	居住人口	留宿遊客(*)	住宅用途用水量	商業用途用水量	整體用水量	住宅年平均每人每日用水量	年平均每人每日用水量	年平均每人每日用水量指標
(--)	(人)	(人)	(m3)	(m3)	(m3)	(l/日/人)	(l/日/人)	(l/日/人)
2011	469,009	18,806	25,622,448	20,126,530	50,210,515	149.7	256.9	293.3
2012	491,600	18,806	26,661,642	20,504,944	51,698,614	148.6	253.2	288.1
2013	504,300	18,806	27,718,799	20,278,958	52,728,726	150.6	251.4	286.5
2014	519,200	18,806	28,772,510	20,984,811	54,774,126	151.8	253.4	289.0

(*) 澳門半島約共有 11,754 間客房，考慮 80% 的入住率及每間客房住有兩個遊客。

住宅年平均每人每日用水量與居民生活富裕度及節約用水意識度存在密切關係。考慮現時澳門經濟基本穩定，失業率持續處於低位，居民生活富裕度應相應提升。另外，澳門有關當局大力推廣節約用水，相信住宅年平均每人每日用水量及年平均每人每日用水量應可持平。

年平均每人每日用水量指標反映經濟架構，根據現時旅客數量正在調整，而新建酒店亦多在離島，澳門半島酒店入住率應持平。在經濟架構未有異常下，可預期年平均每人每日用水量指標不變。

從表 13 可見，住宅年平均每人每日用水量、年平均每人每日用水量及年平均每人每日用水量指標從 2011 年到 2014 年並沒有顯著變化，分別約為 150 l/日/人，253 l/日/人 及 290 l/日/人。故此，用水量增加可視為人口增加所致。

綜合所述，在設計澳門半島公共排水系統中，可考慮年平均每人每日用水量指標大於 290 l/日/人，作為污水量預測之基礎。

IV.3.2. 人口及其分佈

DSEC 每 10 年進行一次人口普查 (最近一次在 2011 年) 及於兩次人口普查期間進行中期人口普查 (最近一次在 2006 年)。

表 14 及表 15 列出各項人口數據及預測結果。

表 14 - 人口統計資料

年份	澳門總居住人口	澳門半島		非澳門半島		資料來源
		居住人口	%	居住人口	%	
1981	261,806	238,562	91.1%	23,244	8.9%	根據統計暨普查局 1981 年人口普查
1991	339,464	326,460	96.2%	13,004	3.8%	根據統計暨普查局 1991 年人口普查
2001	435,235	388,647	89.3%	46,588	10.7%	根據統計暨普查局 2001 年人口普查
2006	502,113	433,730	86.4%	68,383	13.6%	根據統計暨普查局 2006 年中期人口普查
2011	552,503	469,009	84.9%	83,494	15.1%	根據統計暨普查局 2011 年人口普查
2012	582,000	491,600	84.5%	90,400	15.5%	根據統計暨普查局 2012 年澳門人口估計
2013	607,500	504,300	83.0%	103,200	17.0%	根據統計暨普查局 2013 年澳門人口估計
2014	636,200	519,200	81.6%	117,000	18.4%	根據統計暨普查局 2014 年澳門人口估計

表 15 - 人口預測資料

年份	澳門總居住人口	澳門半島		非澳門半島		備註
		居住人口	%	居住人口	%	
2016	626,900	507,060	80.9%	119,840	19.1%	澳門總居住人口根據統計暨普查局 "2011 - 2036 澳門人口預測" 中的高程度假設 澳門半島居住人口百分比根據 1991 至 2011 年趨勢 (幾何級數法)
2021	709,900	554,655	78.1%	155,245	21.9%	
2026	753,700	568,839	75.5%	184,861	24.5%	
2029	781,160	577,444	73.9%	203,716	26.1%	
2031	802,500	585,060	72.9%	217,440	27.1%	
2036	839,800	591,420	70.4%	248,380	29.6%	

根據人口預測 2031 年澳門半島人口為 585,060 (增加 65,860 人)，而根據排水系統規劃性考慮，人口為 596,250 (增加 77,050 人)。而相應於 2031 年澳門半島總用水量預測為 63,100,000 m³ (相比 2014 年用水量約增長約 15%)。

IV.3.3. 污水流量計算

透過下水道的上下游關係，可定出每條下水道、抽升系統及污水處理廠的上游排水系統，繼而定立相關人口及用水量。根據 RADARM 第 67 條，每人每日用水量應以供水系統之營運部門記錄而獲得之耗水資料為基礎，這也是唯一正確做法，因為每個地方均有各自的用水特性。本研究於上一部分中已對用水量進行分析，並得出 290 l/日/人為年平均每人每日用水量指標。

透過以下方程式計算污水流量：

$$Q_d = f \sum Q_i \quad (8)$$

$$p = \sum p_i \quad (9)$$

$$f = 1.5 + 70/p^{0.5} \quad (10)$$

其中：

Q_d - 污水計算流量 (l/s)

f - 瞬時尖峰係數， $1.5 \leq f \leq 4.0$

Q_i - 直接排放到上游排水系統視察井 i 的平均污水流量 (l/s)

p_i - 直接排放到上游排水系統視察井 i 的人口 (l/s)

在瞬時尖峰係數方面，由於沒有具體記錄供分析用途，方程式 (10) 為 RADARM 第 69 條中建議的估算方法。

IV.4. 污水處理廠

澳門半島污水分別由澳門半島污水處理廠及澳門跨境工業區污水處理站處理。澳門半島污水處理廠基本上處理澳門半島大部分污水，而澳門跨境工業區污水處理站則負責處理來自澳門跨境工業區的污水。

為進一步了解澳門半島的污水處理情況，在本研究中，對 2009 年 1 月至 2015 年 2 月澳門半島污水處理廠處理數據以及 2009 年 1 月至 2013 年 12 月澳門跨境工業區污水處理站處理數據進行分析，把歷年每月的污水處理量進行比較，詳細可參考圖 14 及圖 15。

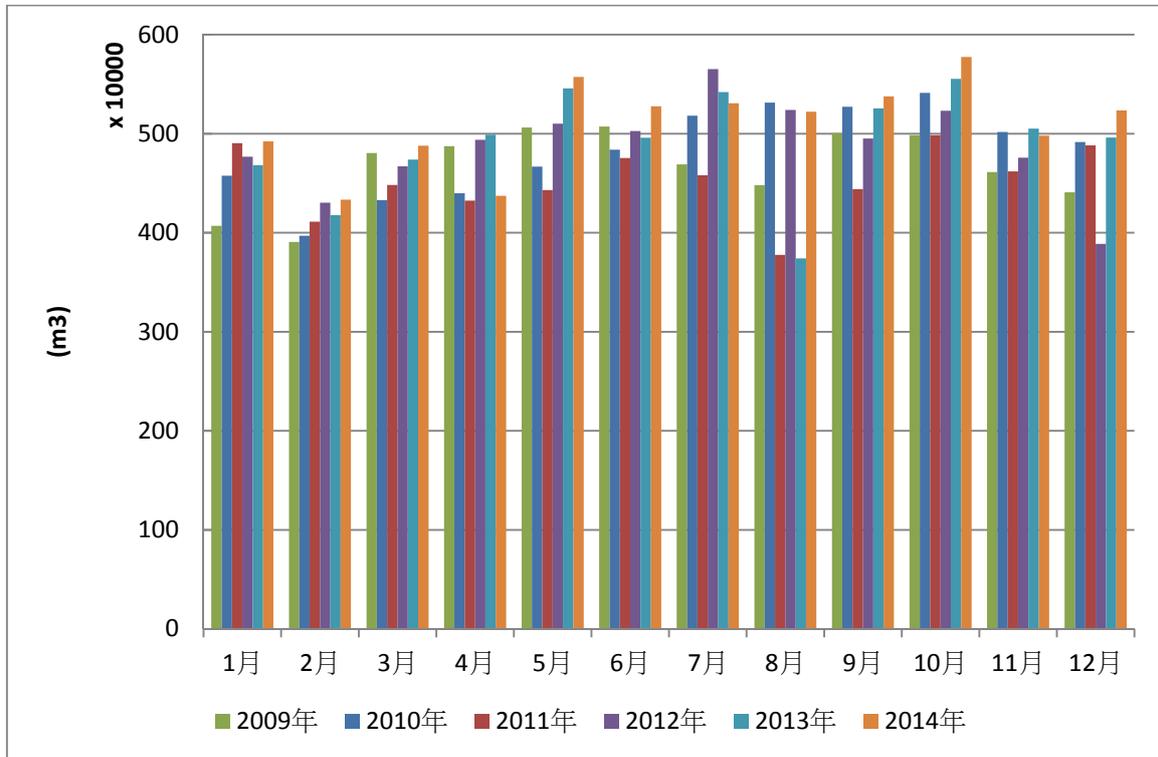


圖 14 - 澳門半島污水處理廠歷年每月的總污水處理量比較

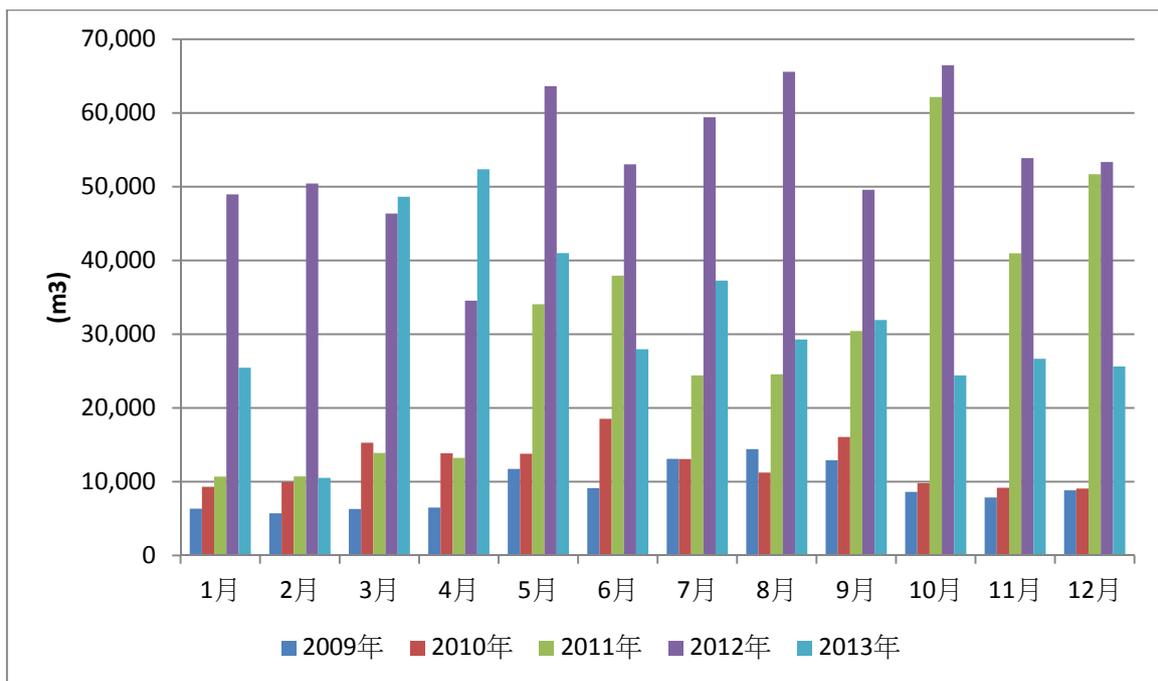


圖 15 - 澳門跨境工業區污水處理站歷年每月的總污水處理量比較

對澳門半島污水處理廠整體而言，每年的污水處理量有上升的趨勢。對比 2009 年及 2014 年數據，後者比前者每月總處理量多，約增加 700,000 m³。此外，春季及冬季的污水處理量較少，約在每月 5,000,000 m³ 以下，而夏季及秋季的污水處理量較多，約在每月 5,000,000 m³ 以上。因污水的來源為用水，由此推論天氣較熱時用水量會較多，天氣較冷時用水量則較少。

澳門跨境工業區污水處理站的情況亦與上述相近，從 2009 年營運以來每年污水處理量逐漸增加，而其每月污水處理量變化亦與季節有關。

對比用水量及總污水處理量的記錄，可見總污水處理量一般都較用水量高。若以年份比較，從 2011 年至 2014 年，污水處理量亦隨用水量相應增加，而近年污水處理量均高出用水量約 8 ~ 13%。

一般而言，污水是從用水所產生，但用水量不等於污水量，用水量中有某些會被飲用或蒸發，所以在正常情況下污水量應較用水量為少。以上數據顯示的情況卻相反，引起相關情況的原因如下：

- 儲水池儲水回流到生物處理系統，增加污水處理量；
- 污水中有其他污物存在，佔污水一定的流量；
- 污水下水道收集了雨水或潮漲時的海水，增加污水處理量。

雨水進入為可預見的，因澳門半島舊區的下水道均為合流，雨水會透過合流下水道進入抽升系統，繼而排放到污水處理廠，而且由於部分污水抽升系統溢流管的行水較低（低於潮汐），故此污水處理廠也間接受到海水倒灌的影響

IV.5. 污水排水系統情況評估

IV.5.1. 下水道排水能力評估

當污水流量大於下水道排水能力時，污水便無法往下游排放，比較污水設計流量和下水道排水能力，可得知各段下水道排水能力是否足夠。

針對排水能力不足的下水道，會建議相應的升級方案。一般而言，現有污水下水道排水能力不足的情況不多。

IV.5.2. 泵房抽升能力評估

透過比較泵房抽升能力和污水流量，可評估泵房抽升能力是否足夠，如下：

表 16 - 污水泵房抽升能力評估

區	泵房	實際抽升能力	2014 年平均污水流量	2014 年污水計算流量	2031 年平均污水流量	2031 年污水計算流量	結論
(--)	(--)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(--)
澳門半島南面	EP1	112.0	79.5	153.6	86.8	166.1	於 2014 年實際抽升能力已不足。需進行擴容。
	EP2	132.0	83.2	158.6	108.2	201.3	於 2014 年實際抽升能力不足。若 EP1 抽升能力充足，污水流量會增加。需進行擴容。
	EP6	1380.0	256.2	454.0	272.6	480.3	具備足夠抽升能力。
	EP3A	1680.0	107.0	211.5	111.9	219.3	具備足夠抽升能力。
	NAPE	1070.0	310.7	554.4	332.3	587.8	具備足夠抽升能力。
	EP7	1050.0	200.3	353.6	219.2	384.6	具備足夠抽升能力。
澳門半島北面	EE4	71.0	41.2	83.0	43.4	87.1	具備足夠抽升能力。
	EE2	74.0	7.9	19.6	9.2	22.6	具備足夠抽升能力。
	EP3	780.0	512.7	844.1	588.3	964.3	於 2031 年實際抽升能力只能滿足 1.09 瞬時尖峰係數。需進行擴容。
	EP4	1340.0	711.7	1154.2	799.2	1292.1	具備足夠抽升能力。
	EP5	---	0.1	0.4	---	---	具備足夠抽升能力。
	跨境工業區	460.0	1.8	7.0	4.7	16.5	具備足夠抽升能力。

根據計算，EP1 泵房、EP2 泵房及 EP3 泵房需要進行擴容。

為著解決污水泵房抽升能力不足的問題，建議進行泵房 (EP1、EP2 及 EP3) 擴容方案。泵房擴容應優先使用抽升能力較高的水泵，以避免更換壓力管。

另一方面，EP6 泵房、EP3A 泵房、EE4 泵房、EE2 泵房及跨境工業區泵房均沒有設置泵房啟動數據，建議於泵房內進行設備升級以便記錄相關數據。

IV.5.3. 污水處理廠處理能力評估

澳門跨境工業區污水處理站的 2014 年平均污水流量，會採用其於 2014 年的日平均處理量 (896 m³/日)。而澳門半島污水處理廠的 2014 年平均污水流量，則會採用 2014 年的日平均用水量 (149,170 m³/日) 減去澳門跨境工業區污水處理站的 2014 年平均污水流量。

2031 年污水平均流量則會考慮 15% 增幅。比較相關流量可得知污水處理廠處理能力是否足夠，結果載於表 17。

表 17 - 污水處理廠處理能力評估

污水處理廠	設計處理能力	2014 年 污水流量	2031 年 污水流量	結論
(---)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(---)
澳門半島污水處理廠	144,000	149,170	165,579	於 2014 年處理能力已不足。需擴容。
澳門跨境工業區污水處理站	12,000	896	1009	具備足夠處理能力。

註：假定所有進入污水處理廠的污水均得到適當的處理（不論基本處理或生物處理都能符合要求）。現時澳門半島污水處理廠生物處理量只佔約 50% 的總處理量。

改善方案應為污水處理廠擴容。新城 A 區及 B 區所產生的污水可考慮排放到澳門半島污水處理廠或新建污水處理廠。最終方案需待相關城市規劃落實後方可決定。

IV.6. 污水排水系統的不正常運作

IV.6.1. 雨水進入污水泵房

受降雨影響最明顯的泵房是 EP1 泵房、EP2 泵房、EP3 泵房、EP4 泵房、EP6 泵房、EE2 泵房及 EE4 泵房。

由於泵房抽升能力有限，一般無法抽走所有雨水，所以並不是所有排放到泵房前的雨水能全部排放到下游泵房。

各泵房於降雨時之雨水流入體積平均百分比可參考表 18。

表 18 - 雨水流入泵房平均百分比

泵房	比率 (%)
EP1	2.1
EP2	5.4
EP3	17.5
EP4	13.1
EP7	20.9
NAPE	16.6

綜合而言，EP4、NAPE、EP3 及 EP7 泵房於降雨時雨水流入的平均百分比均高於 10%。

建議使用傳統分流井把已流入合流排水系統的雨水以重力流方式分流到現有或新建造的雨水下水道，為著現有雨水排水系統的雨水不能透過分流井倒灌進入合流排水系統，於分流井下游需安裝止回閥。

另外，亦可採用全面的清污分流作為改善方案。

IV.6.2. 海水進入污水泵房

受海水倒灌影響較嚴重的泵房為 EP1 泵房、EP2 泵房、EE2 泵房及 EE4 泵房。

由於泵房抽升能力有限，一般無法抽走所有海水，所以並不是所有排放到泵房前的海水能全部排放到下游泵房。

各泵房於潮汐高於自身及上游泵房溢流管之行水時，海水進入之體積平均百分比可見表 19。

表 19 - 海水進入泵房平均百分比

泵房	比率 (%)
EP1	7.7
EP2	22.1
EP3	28.5
EP4	31.8
EP7	14.3
NAPE	26.8

綜合而言，EP2、EP3、EP4 及 NAPE 泵房於潮汐高時海水流入的平均百分比均高於 20%。

位於內港區的排水口已安裝了重力式止回閥，但其運作並不理想，建議增加保養頻率以確保密水性。若最終密水性不能保證，建議更換不鏽鋼止回閥。

IV.6.3. 雨水進入及海水進入澳門半島污水處理廠

根據 2013 年 11 月至 2015 年 2 月期間的污水處理量數據，為著計算降雨及潮汐高時增加了的污水處理量，把具降雨記錄的日子及具降雨又有潮漲的日子的當天流量減去該月沒有降雨又沒有潮漲的日子的平均流量。結果得出，有降雨的日子與有降雨及潮汐高的日子分別多出平均 13.4% 及 13.9% 的污水處理量，最嚴重者可達 26.1%，可見現時澳門半島排水系統中，存在的雨水流入及海水倒灌對污水處理量具有相當大的影響。

需要透過污水處理廠擴容，以解決因其處理能力不足，而導致的上游擋水問題。

第 V 章 結論

本研究經過詳盡的排水系統數據分類、整理、覆核及研究，水浸、雨水及海水進入污水排水系統等影響，分析引致澳門半島公共排水系統的問題。

而相關成因為：

- 澳門半島之低窪地帶，其排水口經常出現擋水情況，在大雨時，雨水下水道未能發揮其原有排水能力，繼而產生水浸；
- 舊有下水道排水能力不足 (即現有合流排水系統)；
- 舊區仍然採用合流模式，部分已進入合流排水系統的雨水，必然會排放到污水排水系統 (如下環街)；
- 舊有泵房 (EE4、EP1 及 EP2) 的溢流管最終排放到位於內港區的排水口，在潮汐高時，海水會透過溢流管倒灌進入污水排水系統。

由於在新填海區全數採用清污分流排水系統，所以並沒有發現上述問題。現時清污分流佔澳門半島排水系統約 68%，位於舊區的合流系統已逐漸進行清污分流，可期待未來全澳將全面清污分流。

針對上述問題，近年來已進行了多項下水道重整工程 (如：高士德大馬路下水道重整工程、雅廉訪大馬路清污分流工程、三盞燈區清污分流工程及新林茂塘雨水泵房的建造等)，相關問題已獲得改善。同時發現，尚未進行的改善工程 (即本研究所提出的方案)，均位於交通繁忙、單線行車及人多擠逼的狹窄街道，若封閉道路以進行下水道重整工程，必然對居民構成不便。同時，受小街空間的限制，無法提高設計標準以便改善更多雨水排放。而受到交通及施工空間的限制，改善工程必需配合完善的規劃方可進行。

儘管澳門半島排水系統的高度複雜性 (新舊排水系統同時存在，以及地理環境所限)，相信在有序地推行改善方案後，問題必能解決。

第 VI 章 規範

於本研究中使用了澳門現行規範：

- 法令第 46/96/M 號 8 月 19 日 – 澳門供排水規章。

及參考以下規範：

- 水土保持技術規範 (台灣)；
- *Storm Water Drainage Manual of Hong Kong*；
- 法令第 23/95 號 8 月 23 日 – 葡國供排水規章。