

小管徑污水下水道清理頻率檢討

胡兆康¹，江黎明²，謝皓明³

摘要

大都會區為加速改善市民生活環境衛生，持續有計畫的大規模建造污水下水道管線系統（主、次幹管、分管網、支管及用戶連接管），形成龐大的都市靜脈輸送系統，例如台北市迄今累積管線長度約1,026,196.01m，用戶接管普及率已達53.55%（至民國90年5月底），遍及臺北市下水道供用地區，與市民生活息息相關。

由於管線施工所需工期長，影響市民生活不便及造成周邊環境不良，尤其在管網系統的末梢管線與用戶排水設備密切相關的連接管，因管徑小彎管多，不易檢查、檢查費時且經濟效益低，因此如何運用統計分析方法，以同地點一段時間內管線清疏次數多寡來分析研判管線狀況，針對較易阻塞管段予以維修抽換，如此便可減少干擾市民生活，維持管線暢通並節省經費。

一、前言

臺北市污水下水道管網系統從民國64年開始建設迄今已25年以上，管徑由 $\phi 4200$ mm~ $\phi 1350$ mm幹管， $\phi 1200$ mm~ $\phi 300$ mm分管網與 $\phi 200$ mm~ $\phi 50$ mm支管及用戶連接管等計有1,026,196.01m，為維護此龐大系統，使每天24小時均能達到最佳輸送污水的功能，免於發生緊急事件或異常狀況，台北市政府工務局衛生下水道工程處制定一套系統檢查管理制度，將既有管網系統分期分區有計畫地巡查埋設於道路上的管線設施（人孔、陰井等），以人員進入大管徑內（ $\phi 1000$ mm以上）或以閉錄電視監視設備（CCTV）置入較小管徑內（ $\phi 200$ mm以上）檢查管內狀況，若檢查發現管線異常狀況時，將可應用適當的方法或設備用具加以處理排除。

惟用戶連接管部分因管徑小彎頭多（僅 $\phi 100$ mm），尚缺少適當的設備工具可做既設

1. 台北市政府工務局衛生下水道工程處 處長
2. 國立中央大學土木工程研究所 研究生
台北市政府工務局衛生下水道工程處維護工程隊 隊長
3. 國立中央大學土木工程研究所指導教授

管內檢查，況且迄今（民國90年5月）用戶接管普及率已達53.55%，因數量龐大，考量經費、時間均不適予做管內定期檢查，因此申請清管案件更顯重要，尤其同地點清管頻率多的地方，感受民眾抱怨的壓力更不在話下，故清疏紀錄經統計分析作為管線施工品質的良莠，而且在同地點一段時間內由清疏次數多寡研判管線狀況，如管線通路不良或損壞，無法僅以清疏作業處理者，需將案件移緊急事件搶修工程辦理管線換修。

二、範圍

管線阻塞清疏業務其與住戶清疏權責範圍（請詳附錄），因處理事件的性質分為1. 專案業務2. 計畫業務兩種，若以管徑大小及功能目的分類則有1. 管線清疏2. 管線清理兩種，詳述如下。

1. 專案業務：因使用不當或其他原因而使管線阻塞之用戶申請處理的業務，當用戶來電申請管線使用異常，即由電話專線人員填具管線堵塞緊急處理通報單通知開口合約承商處理，並將處理狀況回報結案或專案追蹤辦理。此類業務一般都以支管及用戶連接管等小管徑（ $\phi 200$ mm~ $\phi 50$ mm）為對象，其處理目

的為使阻塞不通的管線，已造成污水溢流滿地的緊急狀況，能經由清管機具的清除疏導而達到通暢的效果（請參考圖一），縮短管線緊急狀況延續時間，故此項作業又稱管線疏通。

2.計畫業務：將以達規定使用年限管線系統分區分期，有計畫的配合管線內部檢查，其檢查前一般先做管線內部清洗及處理；管線內部清洗及處理是以高壓清洗設備或其他清疏工具由上游人孔往下游清疏，將管內淤泥、污垢沖刷至下游人孔再以真空吸泥設備或吊桶輸送至地面運土車運棄，管內若有油垢、樹根或局部滲漏等狀況者一併清除處理，故稱管線清理，管線清理因係配合管線系統定期檢查作業故以支管（ $\phi 200\text{ mm}$ ）以上為對象。

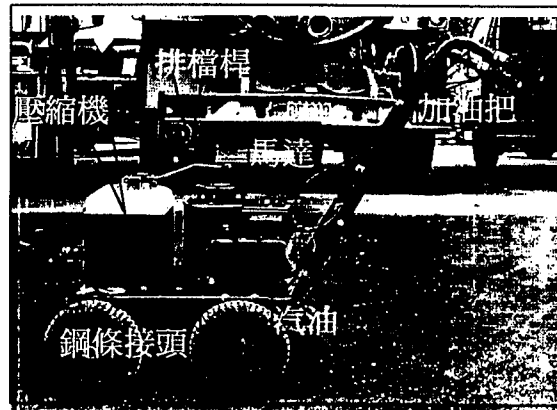
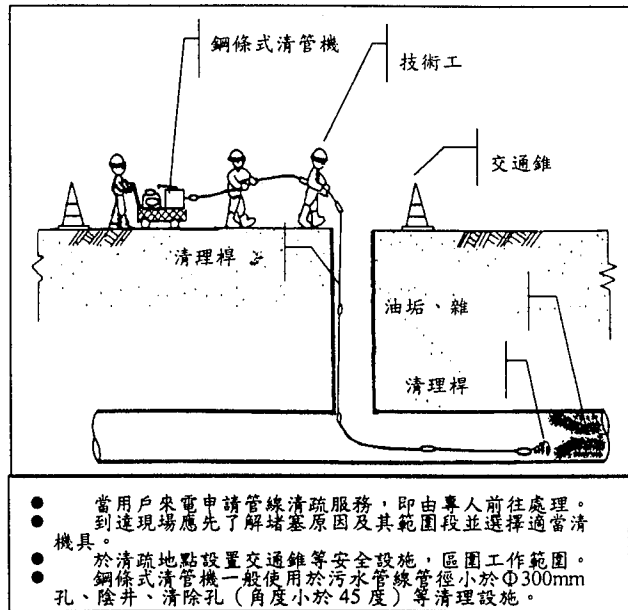
本研究以臺北市污水下水道用戶連接管系統為計劃範圍，藉由民國 89 年全年，住戶申請清管服務派員赴現場勘查及清理列管案件，其案件經分析有二類型：

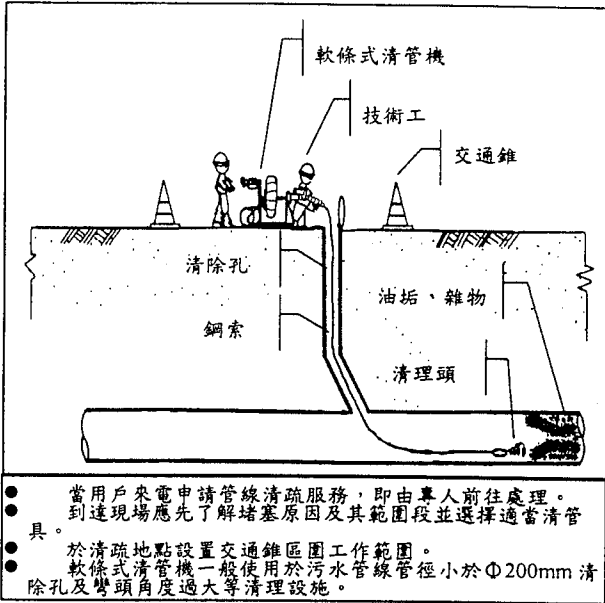
（一）非污水下水道系統處理情形：經現場檢視非污水管線設施，如雨水溝等，將另通知權責單位處理。

（二）污水下水道系統處理情形：

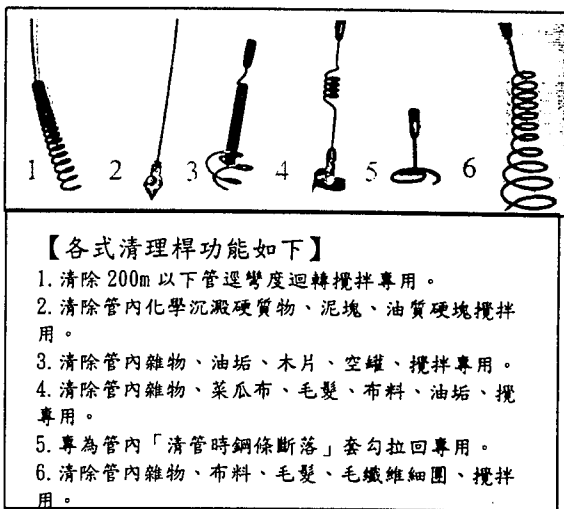
- 1.清理暢通：凡因雜物、油垢、污泥阻塞公共污水管線，當天或隔日即以簡便清理工具清理公共污水管線水流暢通者。
- 2.公共管線正常：經現場檢視公共污水管線水流暢通，屬自設管線（如室內管）阻塞問題者，用戶自行清理。
- 3.工程處理暢通：凡因管線遭損壞、設施埋沒、現場管線不明確需調閱圖了解或因下游管線系統因素導致無法當天或隔日處理完畢，需由工程機具或人工後續處理者。
- 4.其他狀況：因未接管、漏接管、查無案址、管線施工中、住戶不在、違建、臭味問題、清理設施上有堆積物等。

圖一





各式清理桿頭



三、抽樣設計

為避免住戶常因污水管線異常阻塞造成困擾甚至於反感，而影響單位聲譽，故將上述

各類型狀況從 89 年之案件數統計分析 (詳表一、圖二，設定以六個月為一期，其間市民申請清管件數中扣除非污水管線之數量，即為處理件數作為隨機抽出樣本數，其中「公共管線正常」、「工程處理暢通」、「其他狀況」等項為管線清理業務以外之工作，擬列為處理案件中的正常件數，故僅就清理案件加以研討。

當同地點在六個月內僅出現一件時，住戶一般會接受屬於使用上問題，若發生二件以上時就有困擾和疑問的感覺，同時意味著除使用問題外，其管線清理的技術或排水管系統的不良問題所造成疑慮，其不良印象將隨著增加，故同地點六個月內隨清管次數之頻率遞增，將促進住戶的反感程度，相對地市民反映於政府公共建設品質滿意度將下降，因此藉由統計清理案件來分析，估計檢定推論品質管理理念，設定將支管及用戶連接管系統整批不良率在 2.0% 以上，則該批清管第 n 次數以上的排水管線均不再僅以清理方式排除阻塞問題，而需研判考量以維修甚而抽換管線的方式處理；亦即以「消費者風險」(Consumer's Risk) 的誤差成本大於「生產者風險」(Producer's Risk) 的誤差成本，則消費者風險的誤差成本較重要的觀念，來處理支管及用戶連接管 (即小管徑系統) 的品質問題。

表一

八十九年 1-12 月份處理案件統計分析表

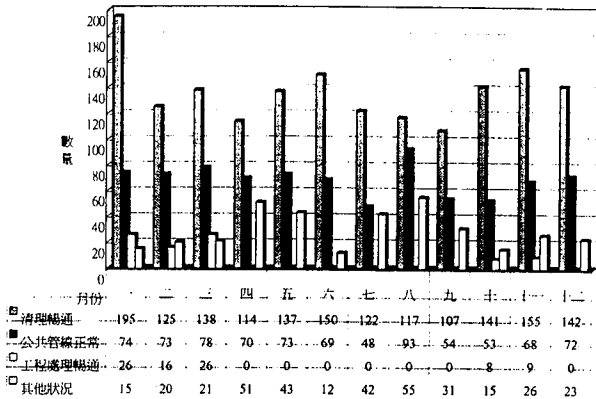
月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	合計
申請清管件數	313	238	269	241	259	235	212	265	192	220	261	243	2948
(一) 非本處管線	3	4	6	6	6	4	0	0	0	3	3	6	41
(二) 處理件數	310	234	263	235	253	231	212	265	192	217	258	237	2907
1. 清理暢通	195	125	138	114	137	150	122	117	107	141	155	142	1643
(1) 雜物	73	64	92	92	110	98	64	52	40	35	32	10	762
(2) 油垢	122	61	45	22	27	47	53	61	58	103	121	132	852
(3) 污泥	0	0	1	0	0	5	5	4	9	3	2	0	29
2. 公共管線	74	73	78	70	73	69	48	93	54	53	68	72	825
3. 工程處理暢通	26	16	26	0	0	0	0	0	0	8	9	0	85
4. 其他狀況	15	20	21	51	43	12	42	55	31	15	26	23	354

四、初步資料分析

人民申請清管服務案件，是由用戶在使用中發現污水排放管線有阻塞不通時，以電話通報臺北市政府工務局衛工處的為民服務電

圖二

八十九年1~12月份處理案件統計分析圖



務電話(本服務為二十四小時受理人民申請專線),當值班人員接到人民申請電話時,會將受理案件之日期、時間、申請人、電話、地點等資料填寫於登記簿上(參考附件一),並填具管線堵塞緊急處理通報單(參考附件二)通知維護工程商清理人員赴現場處理,處理完成後將處理人、處理結果及結案時間等資料填寫於登記簿上,並由專人將申請案件輸入電腦資料庫中(參考附件三),以利列管追蹤並每月印製統計月報表,故資料來源正確,且每一案件均為實際事蹟。

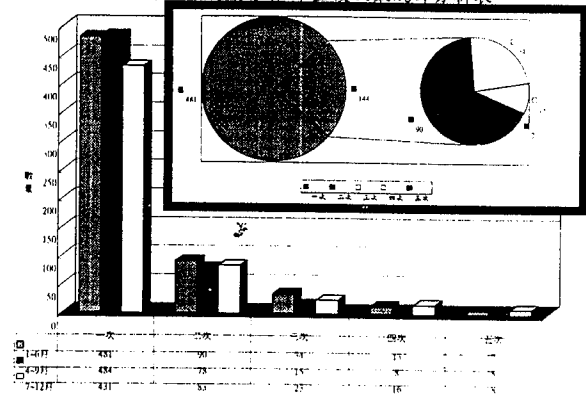
經研討人民申請清管件數中扣除「非污水管線」件數,為污水管處理件數,其中又分為「公共管線正常」、「工程處理暢通」、「其他狀況」等項列為正常件數,故僅有「清理暢通」屬處理案件中的管線清理業務,其清理過程中必須將管內雜物、油垢、污泥等阻塞物體掏出,使管線暢通正常,將民國89年1~12月分成三種六個月處理案件(1~6月、4~9月、7~12月)。

將民國89年1~12月每月統計數,依1~6月、4~9月及7~12月等三份半年統計,使三份半年統計表有互相重疊三個月份,並比對三份「清理暢通件數百分比」是一由右向左倍數遞減的穩定趨勢(詳圖三,茲依民國89年1~6月份處理案件統計分析表數據,計算

\bar{X} , S , Cv 等值如下 :

圖三

八十九年1-12月清管案件重複次數統計分析表



① \bar{x}

$$1 \times 0.8948 = 0.8948$$

$$2 \times 0.0653 = 0.1306$$

$$3 \times 0.0246 = 0.0738$$

$$4 \times 0.0107 = 0.0428$$

$$5 \times 0.0046 = 0.023$$

$$\bar{x} = 0.8948 + 0.1306 + 0.0738 + 0.0428 + 0.023 = 1.165$$

② s

$$\sum (x - \bar{x})^2 = (1 - 1.165)^2 + (2 - 1.165)^2 + (3 - 1.165)^2 + (4 - 1.165)^2 + (5 - 1.165)^2 = 26.835$$

$$s^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n} = \frac{26.835}{5} = 5.367$$

$$s = \sqrt{5.367} = 2.317$$

$$\bar{s}^2 = \frac{ns^2}{n-1} = \frac{5 \times 5.367}{5-1} = \frac{26.835}{4} = 6.709$$

$$\bar{s} = \sqrt{6.709} = 2.59$$

③ cv

$$cv = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{2.317}{1.165} = 1.989$$

五、詳細資料分析

本研究案因涉及臺北市污水下水道已接管用戶數量龐大,且持續在建設增加數量中,雖然有定期的接管戶數公告,但實際已接管戶數與公告接管戶數有些許落差,且此數量仍為變動數,其母體 μ 、 σ^2 等數據均設定為未知,故採用 Lilliefors 檢定法,其檢定要點如下:

1. 假定:

① 樣本 X_1, X_2, \dots, X_n 為隨機樣本

② 假設所訂之母體分配函數 $F(X)$ 為連續的

2. 假設的建立:

- $\begin{cases} H_0: \text{隨機樣本來自常態分配} \\ H_1: \text{隨機樣本不是來自常態分配} \end{cases}$

3. 檢定統計量為：

$$D = \max |F(z) - s(z)|$$

$S(z) = S(X)$ 為累加相對次數， $Z = \frac{x - \bar{X}}{\bar{S}}$ ， \bar{X} 樣

本平均數， \bar{S} 為樣本標準差

4. 決策法則為：

$D > D(\alpha)$ 時，拒絕 H_0

$D(\alpha)$ 查自 Lilliefors 以檢定附表（機率 α 為雙尾合併之機率），由樣本大小 n 及顯著水準 α 決定

5. 檢定此清理案件分配是否可能為常態分配，設 $\alpha = 0.05$

- $\begin{cases} H_0: \text{清理案件為常態分配} \\ H_1: \text{清理案件為非常態分配} \end{cases}$

$$\bar{X} = 1.165$$

$$S = 2.317$$

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{S}$$

X	1	2	3	4	5
Z	-0.071	-0.36	0.792	1.224	1.655
S(z)	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000
F(z)	0.472	0.677	0.755	0.889	0.951
D	0.272	0.277	0.155	0.089	0.049

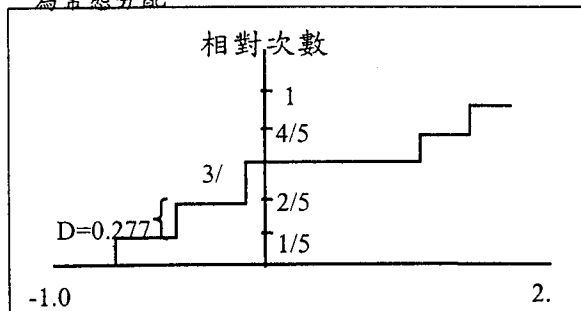
在 $Z = 0.36$ 時， $S(z) = 0.4$ ， $F(z) = 0.677$

$$\text{故 } D = \max |f_z - s_z| = 0.277$$

已知 $n = 5$ ， $\alpha = 0.05$

查表 $D_{(0.05)} = 0.337 > D = 0.277$

差異不顯著，故接受 H_0 ，表示清理案件可能為常態分配



六、假設檢定

當質母體之隨機樣本的取樣採投返式，則 n 次抽取而成功 x 次之比例（樣本比例，

Sample Proportion) $\hat{p} = X/n$ 為類似二項分配，

令 $P = K/N$ ，其機率函數為：

$$f(\hat{p}) = \binom{n}{n\hat{p}} p^{n\hat{p}} (1-p)^{n-n\hat{p}}$$

$$p = 0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, 1$$

此抽樣分配的期待值 $E(\hat{p}) = P$ ，變異數

$$V(\hat{p}) = \frac{P(1-P)}{n}$$

當 $n \rightarrow \infty$ 時，則標準隨機變數 Z 為：

$$Z = \frac{\hat{p} - P}{\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}}$$

① 由於 P 為未知數， $\hat{p} = 0.0246$ ，設不良率在 10% 以下時，檢定 P 在 $1-\alpha$ 信賴度的信賴區間

$$P \geq \hat{p} - Z_{(1-\alpha)} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n-1}}$$

$$P \geq 0.0246 - 1.645 \times 0.0043 = 0.0175$$

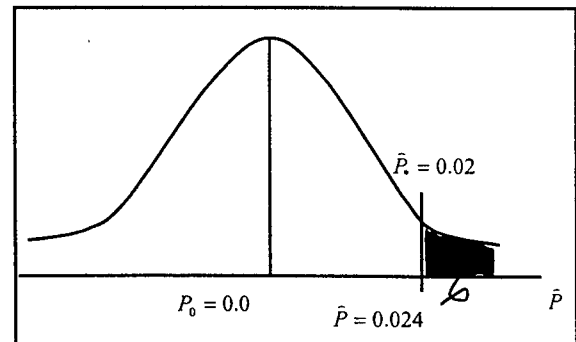
- $\begin{cases} H_0: P \leq P_0 \\ H_1: P > P_0 \end{cases}$

$$Z_0 = \frac{\hat{p} - P_0}{\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}}} = \frac{0.0246 - 0.0175}{\sqrt{\frac{0.0175(0.9825)}{1302}}} = 1.95 > Z_{[1-\alpha]} = 1.645$$

③ 設定品質管制整批品質不良率為 1.75%，抽樣 1302 件，不良品超過 32 件則拒絕該清理案件，改為使用其他方法處理

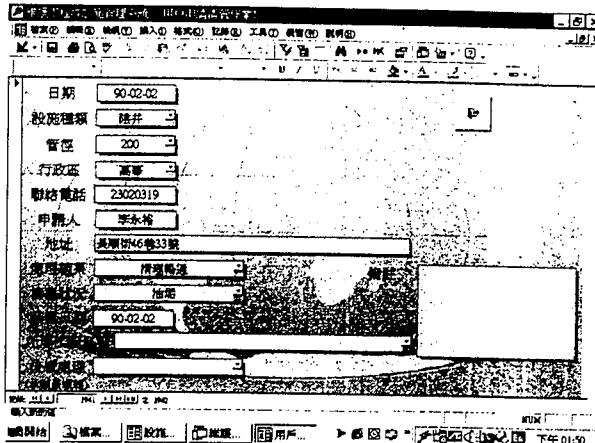
$$\hat{p} = P_0 + Z_{(1-\alpha)} \sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{n}} = 0.0175 + 1.645 \times 0.00363 = 0.0235$$

$$\therefore \hat{p} = 0.0246 > \hat{p} = 0.0235$$



差異不顯著，故接受 H_0

附件三



九、參考資料

1. 臺北市污水下水道後續發展方案先期規劃報告(民國 88 年 6 月臺北市工務局衛生下水道工程處)。
2. 臺北市污水下水道歷年管線長度數量統計資料表(民國 90 年 1 月臺北市工務局衛生下水道工程處維護工程隊)。
3. 污水下水道工務手冊(民國 87 年 1 月臺北市工務局衛生下水道工程處 江黎明編撰)。
4. 臺帳系統數位化管理專案簡報(民國 89 年 7 月臺北市工務局衛生下水道工程處

江黎明編撰)。

5. 新竹園區污水收集管線水理模式系統規劃設計工作成果報告書(民國 87 年 12 月科學工業園區管理局)。
6. 免開挖工法設計與施工參考規範(美國塑膠管協會編輯 國立屏東科技大學土木工程系謝啟萬教授編譯)。
7. 免開挖技術指南(中華民國地下管道技術協會)。
8. 下水道工程學(中興大學環工所 歐陽崎暉教授編著)。
9. 編集下水道管路施改更新手冊調查(日本下水道事業團技術開發部 1994 年研究 擔當者木下勳、西澤宏 翻譯者：仲徠企業有限公司)。
10. 下水道管路維護管理施工技術與工法(日本下水道事業團研修部平成 6 年 2 月 中村益美教授翻譯者：仲徠企業有限公司)。
11. 計量方法講義(謝浩明教授)
12. 無母數統計方法(顏月珠教授)
13. 實用統計方法(顏月珠教授)
14. 臺北市工務局衛生下水道工程處人民申請清理案件資料表

附錄

§ 污水下水道管理維護範圍原則§

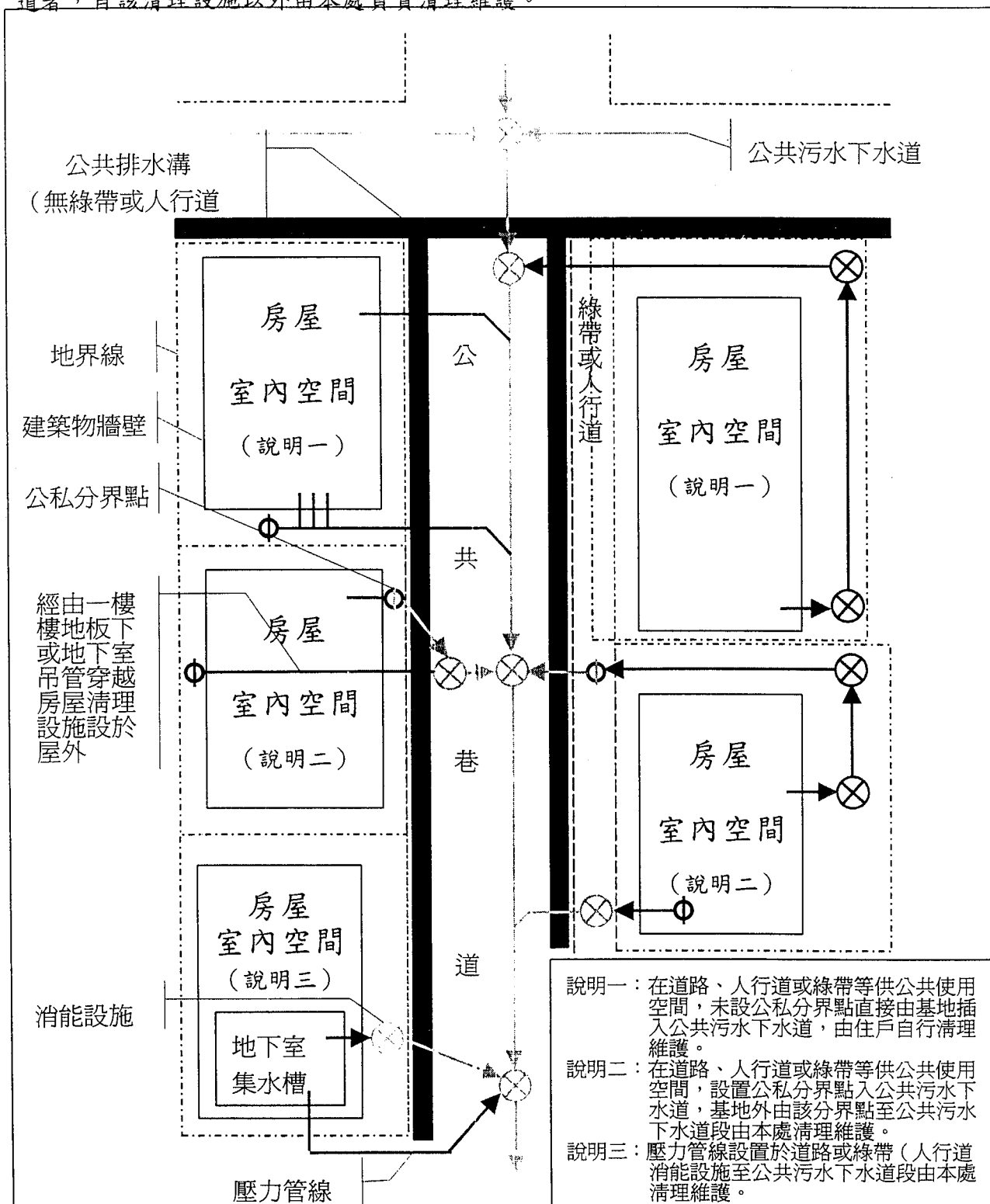
一、自設污水下水道(新建房屋申請自行施工設置).....	8
(一) 獨棟建物.....	8
(二) 獨棟開放空間及天井式建物.....	9
(三) 開放型集合建物群.....	10
(四) 封閉型集合建物群.....	10
二、公共污水下水道.....	11
(一) 用戶管經匯流管插入支管系統.....	12
(二) 天井式.....	13
(三) 用戶管直接插入支管系統(後巷被建物佔據).....	14
(四) 用戶管直接插入支管系統(後巷未被建物佔據).....	15

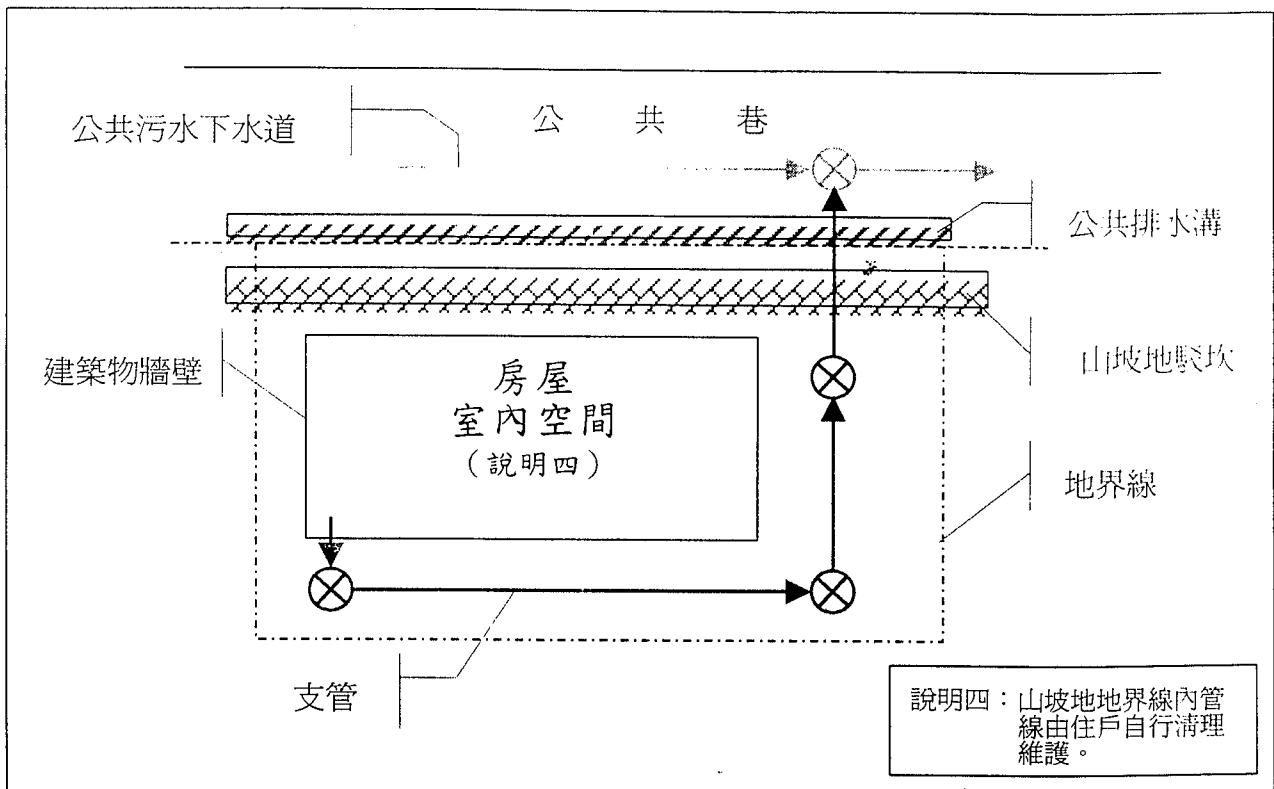
污水下水道管理維護範圍：

一、自設污水下水道（新建房屋申請自行施工設置）：

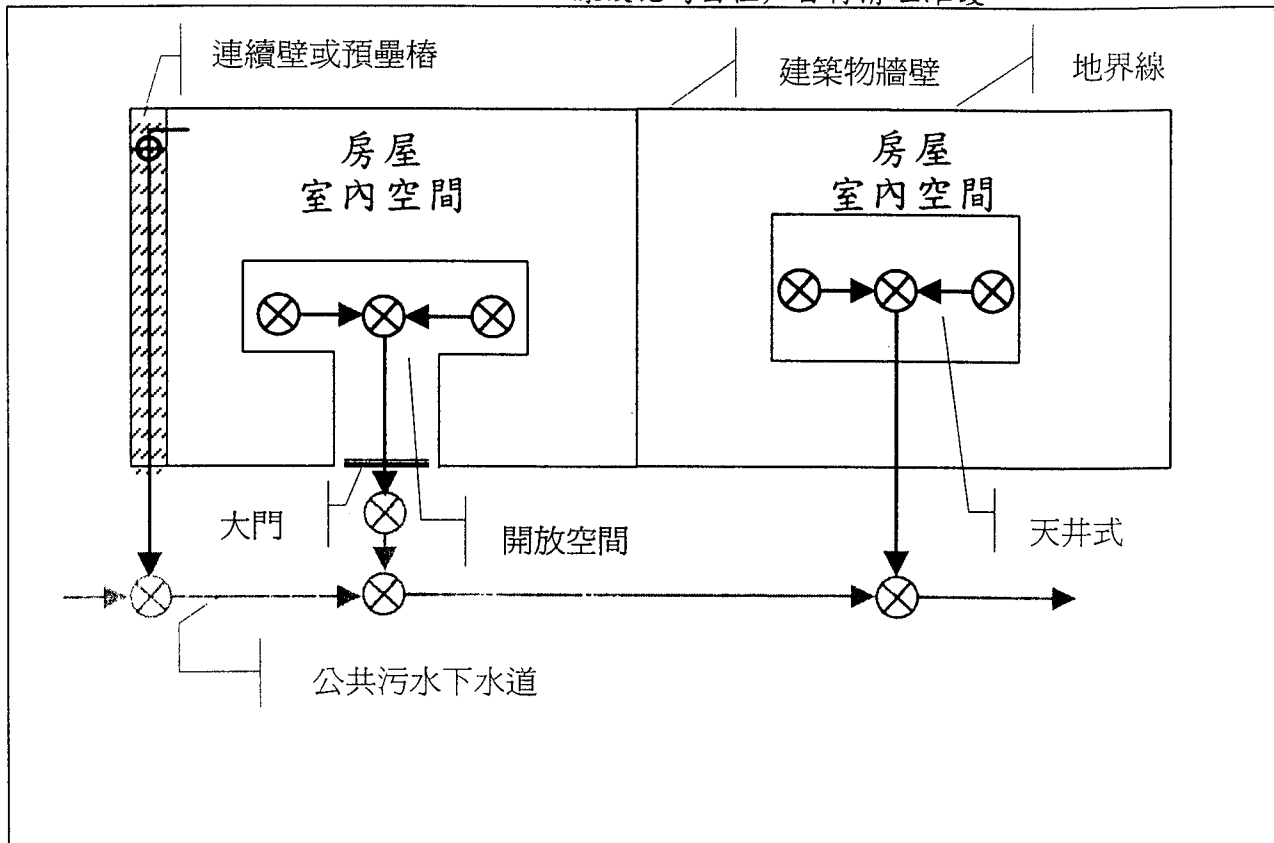
—— 住戶自行維護範圍 本處維護範圍

（一）獨棟建物：基地外道路或介於道路之空間未設置公私分界點（人孔、陰井、清除孔）等清理設施直接接入公共污水下水道者，該段管線住戶需自行清理維護。反之基地外道路或介於道路之空間設有公私分界點再接入公共污水下水道者，自該清理設施以外由本處負責清理維護。

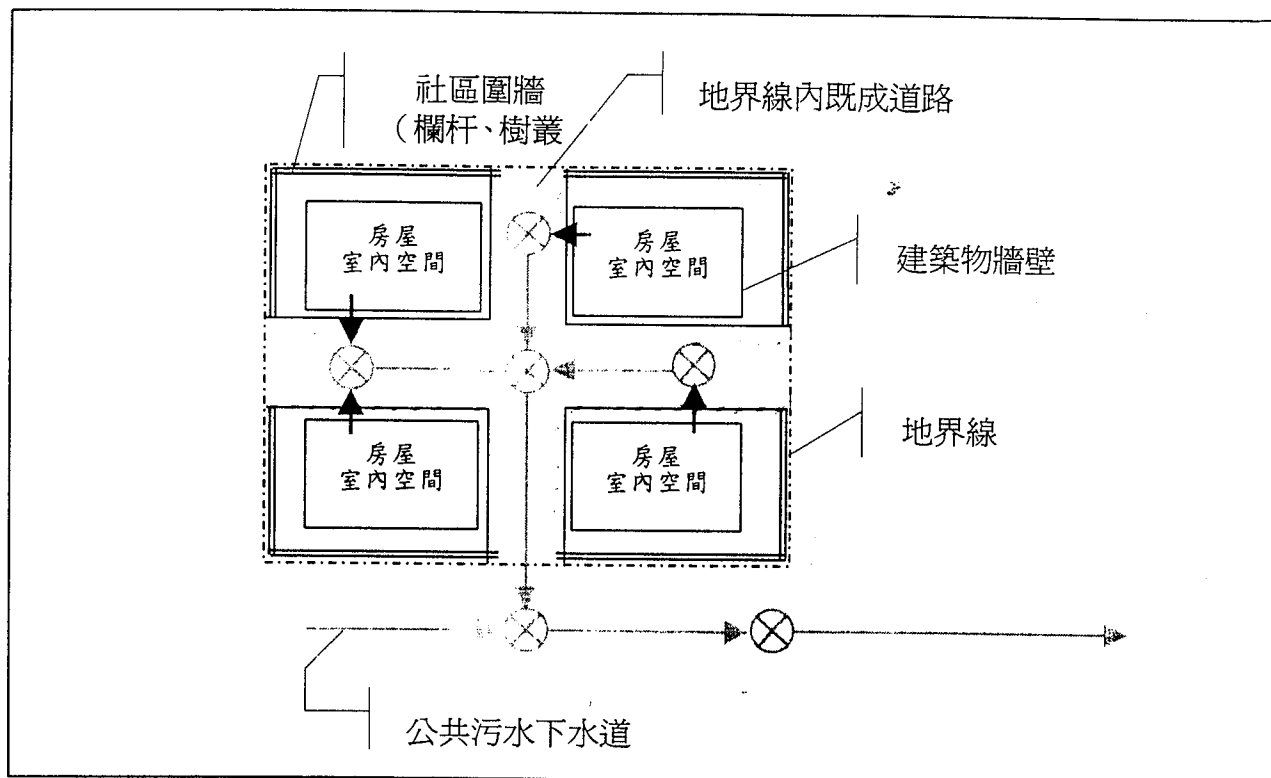




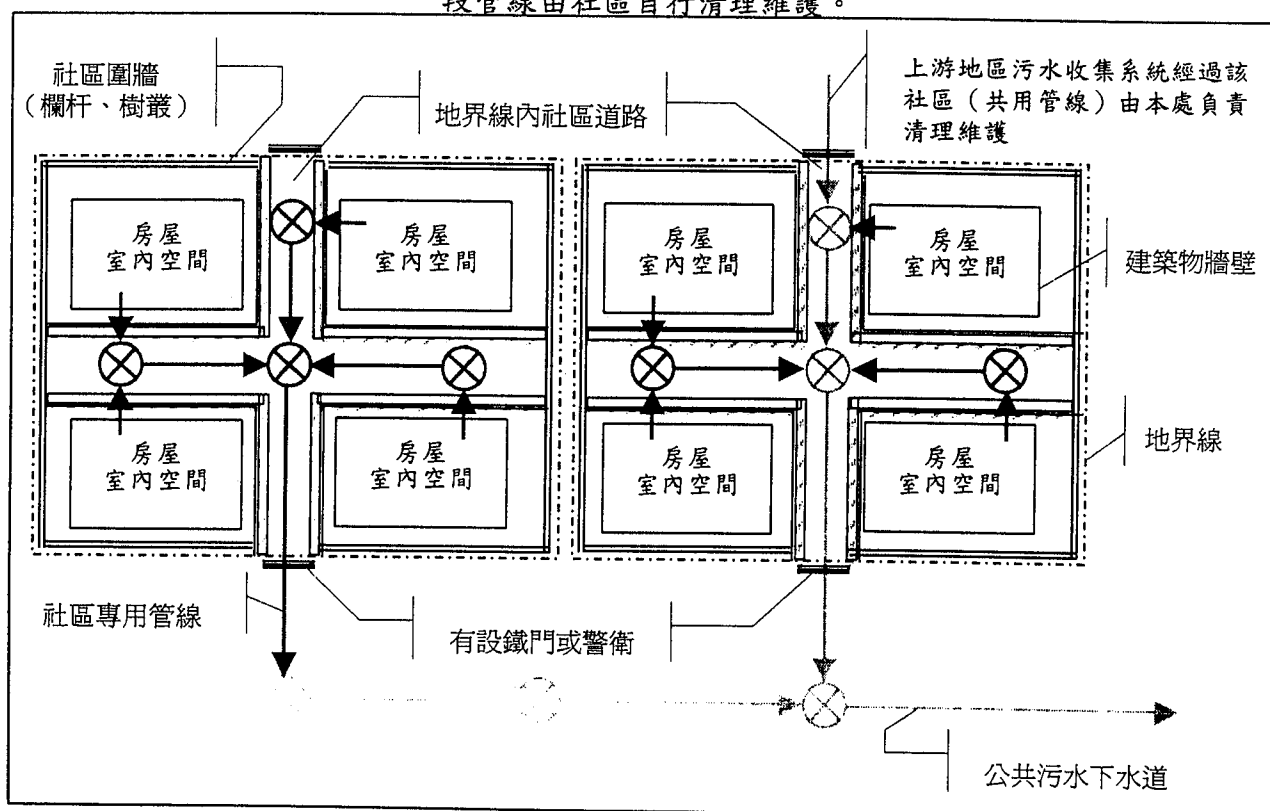
(二) 獨棟開放空間及天井式建物：建築物基地之開放空間屬該棟建物自行使用者或建築物基地天井範圍內之管線設施均由住戶自行清理維護。



(三) 開放型集合建物群：如自辦重劃、公辦重劃及國宅社區等，地界線內供公眾車輛行駛的道路段管線由本處清理維護。

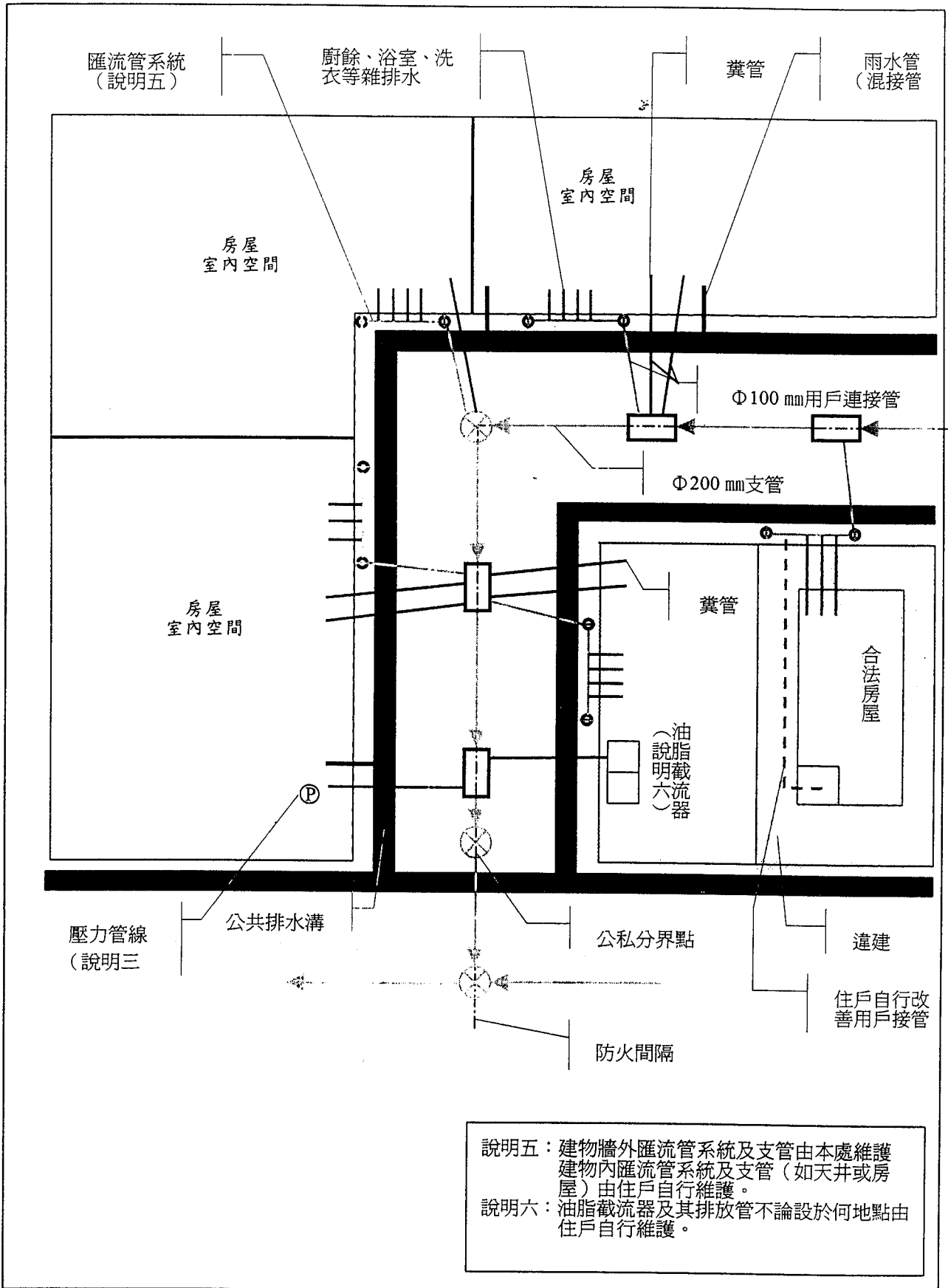


(四) 封閉型集合建物群：如自辦重劃、公辦重劃及國宅社區、學校、醫學中心、營區等設置圍牆、欄杆或樹叢設施區分範圍，進出社區道路設有門禁管制者，該社區道路段管線由社區自行清理維護。

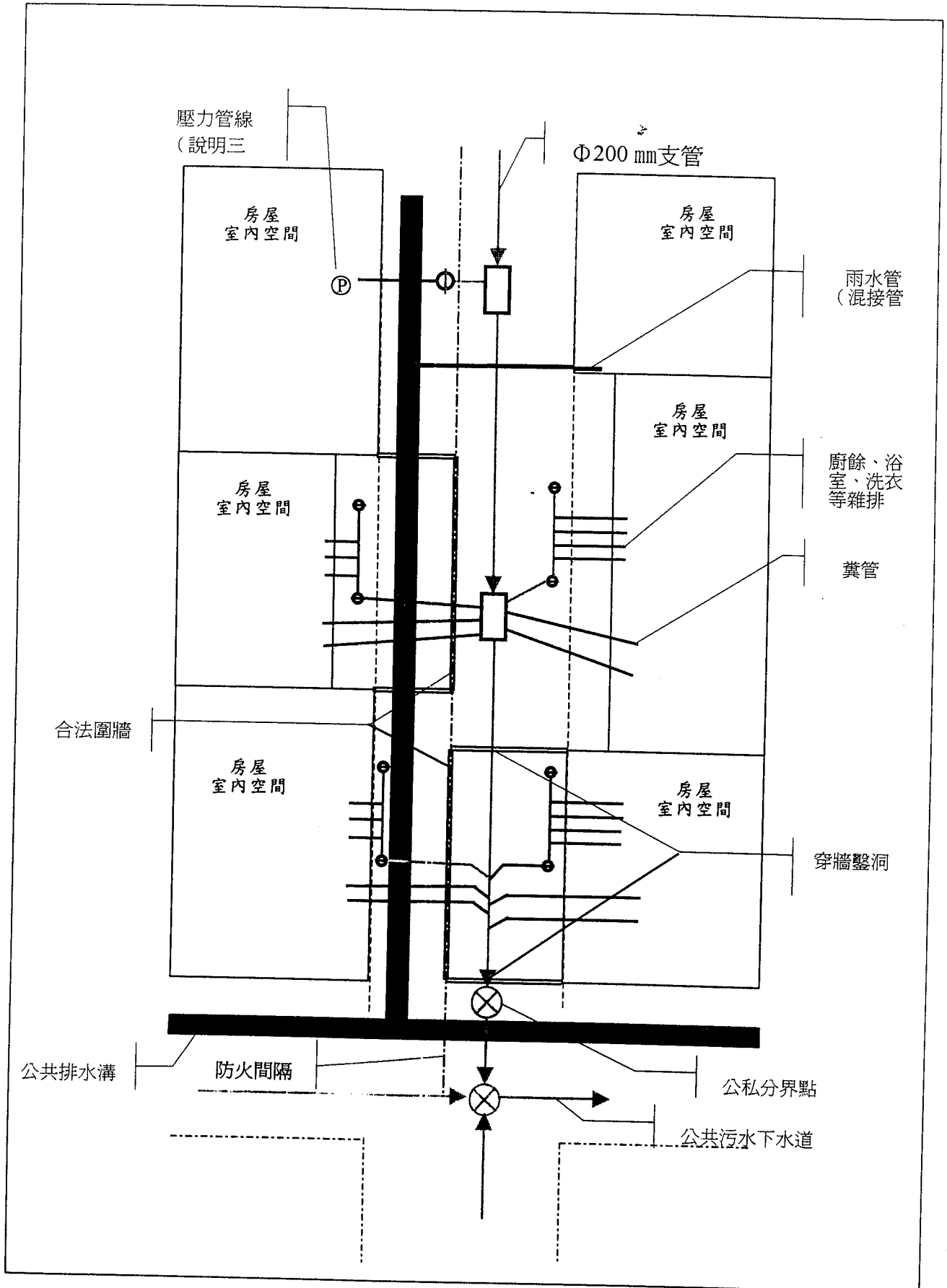


二、本處建設下水道：建物牆壁外公共管線及設施（陰井、清除孔、匯流管及支管系統）由本處清理維護，建物內管線設施由住戶自行維護。

（一）用戶管經匯流管插入支管系統：

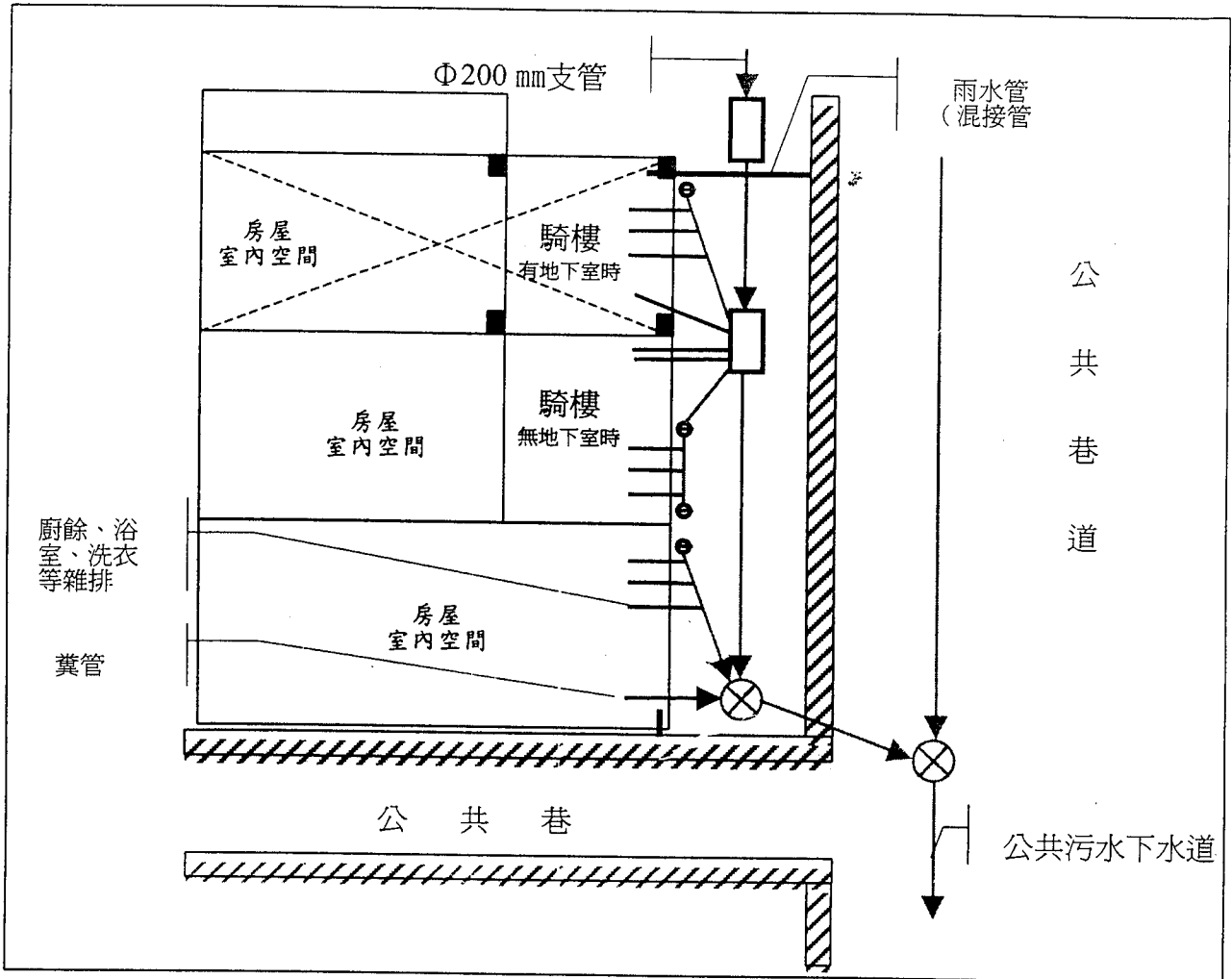


後巷公共管線及設施（陰井、清除孔、匯流管及支管系統）由本處清理維護，如果管線及設施位於建物內由住戶自行維護。

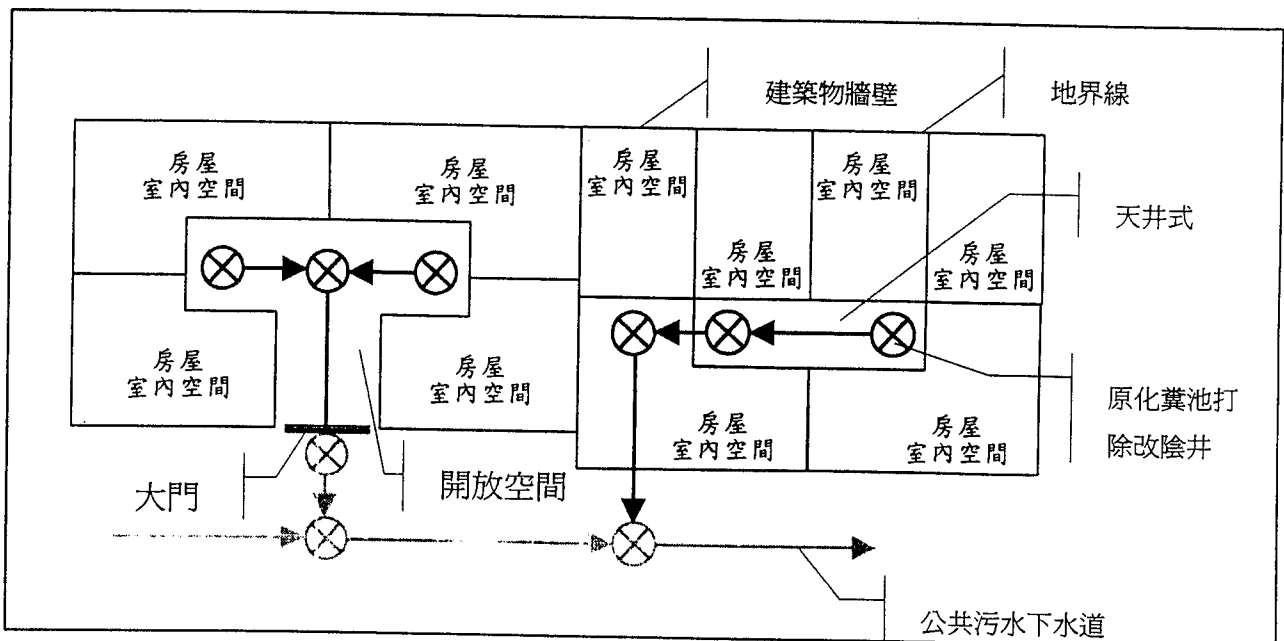


前巷公共管線及設施（陰井、清除孔、匯流管及支管系統）由本處清理

維護



(二)：開放空間及天井式建物：



(四) 用戶管直接插入支管系統：後巷未被建物佔據，支管設置於後巷空間內。

