

地下水監測方式增設土壤氣體監測井 參考指引

行政院環境保護署
110 年 9 月

一、前言

為完備貯存系統管理，行政院環境保護署（以下簡稱環保署）已於 109 年 12 月 29 日修正「防止貯存系統污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」（以下簡稱本辦法），並自 110 年 1 月 1 日起施行，規範地上儲槽強化防污設施並定期辦理監測事宜。為避免儲槽設置因特殊地形、地質條件及儲槽容積較大等特性，無法進行全廠區之地下水監測，或採土壤氣體監測方式需設置口數多，故環保署復於 110 年 9 月 8 日修正地下水監測相關規定，使地下水監測方式更具彈性並趨近即時監測。

依本辦法第 13 條第 1 項第 2 款及第 24 條第 1 項第 2 款規定略以，地下水水位不得低於地表下 7 公尺且地上（或地下）儲槽系統與監測井間介質之水力傳導係數不得小於每秒 0.01 公分，但依槽體容積分別於儲槽周圍增設 4 口、6 口或 8 口之土壤氣體監測井，並依土壤氣體監測相關規定之頻率及項目進行監測者，則不受地下水水位及水力傳導係數之限制。

對於欲採行地下水監測方式進行監測，因受地下水水位或水力傳導係數之限制，需增設土壤氣體監測井者，為使事業進行全廠區之監測規劃時，針對監測井設置數量、布點方式、設置深度等注意事項，特訂定「地下水監測方式增設土壤氣體監測井參考指引」。

二、土壤氣體監測井設置注意事項

本辦法第 13 條第 1 項第 2 款及第 24 條第 1 項第 2 款之但書規定（以下簡稱地下水限制免除規定），已定明事業倘依儲槽對應之容積大小，設置不同口數之土壤氣體監測井，並依本辦法規定之頻率及項目進行監測，則不受地下水水位高度及水力傳導係數限制，對於事業設置監測井數量、點位及其構造之相關注意事項，分別說明如下：

（一）監測井數量

事業依地下水限制免除規定，所需增設之土壤氣體監測井數量詳**表 1**，原則採每座儲槽獨立計算，例如廠內有 3 座 5,000 公秉之儲槽，每座儲槽周圍均應設置 6 口土壤氣體監測井，故需增設總數為 18 口土壤氣體監測井；惟考量地上儲槽設置情形倘為集中設置者，其儲槽之防止濺溢設施（以下簡稱防溢堤）有全部或部分共用之特殊情形，針對前述特殊情形，符合下列情形者，得減設不同口數之土壤氣體監測井：

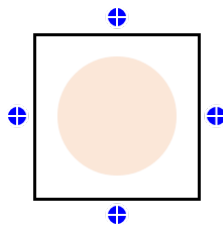
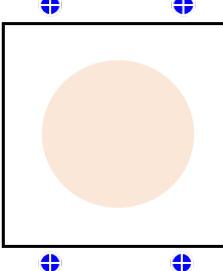
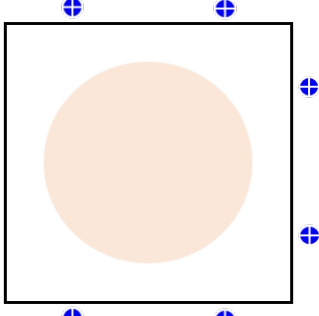
1. 同一防溢堤：指 2 座以上儲槽設置於同一處防溢堤或分隔堤內，

針對符合此類設置情形者，其周圍土壤氣體監測井可合併計算，並採該防溢堤內儲槽容積最大者計算，例如廠內有 3 座 5,000 公秉儲槽均位於同一防溢堤內，故需設置總數為 6 口土壤氣體監測井，免採獨立計算設置 18 口。

2. **相鄰防溢堤**：指各處防溢堤或分隔堤之間彼此相鄰，並有至少一側以上共用者。針對符合此類設置情形者，可依據相鄰側邊數，每個共用側減少設置 2 口土壤氣體監測井詳表 2，例如廠內有 4 座 10,000 公秉儲槽原需設置 32 口土壤氣體監測井，其防溢堤彼此相鄰，計有 4 個共用側，可減少設置 8 口，故需設置總數為 24 口土壤氣體監測井。

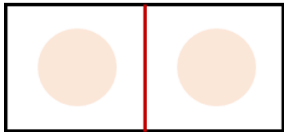
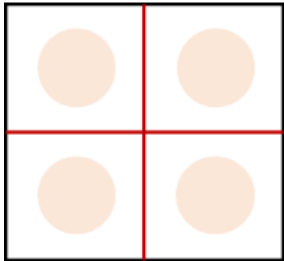
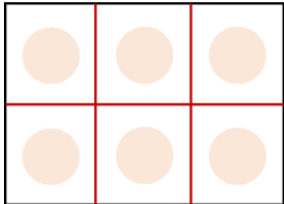
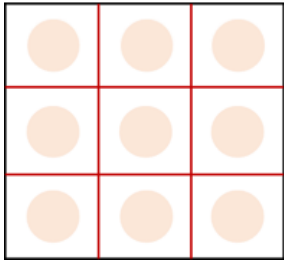
針對地下儲槽採集中設置者，可依埋設位置與集合情形分區，或大型油庫設置有掩體式地下儲槽者，可依地形分區；分區後比照地上儲槽相鄰防溢堤或分隔堤作法，依每個地下儲槽與相鄰地下儲槽之相鄰側邊數，每個相鄰側可減少設置 2 口土壤氣體監測井。

表 1、每座儲槽周圍需設置土壤氣體監測井數量

儲槽容積	需設置數量	設置示意
未達 1,000 公秉	4 口	
達 1,000 公秉以上且未達 10,000 公秉	6 口	
達 10,000 公秉以上	8 口	

圖例說明：○表示儲槽，□表示防溢堤或分隔堤，⊕表示土壤氣體監測井。

表 2、相鄰防溢堤情形減設土壤氣體監測井數量

設置情形	設置示意	共用側數量	減設數量
2 處防溢堤相鄰		1 側	$1 \times 2 = 2$ 口
4 處防溢堤相鄰		4 側	$4 \times 2 = 8$ 口
6 處防溢堤相鄰		7 側	$7 \times 2 = 14$ 口
9 處防溢堤相鄰		12 側	$12 \times 2 = 24$ 口

圖例說明：■表示儲槽，□表示防溢堤或分隔堤，紅色線條表示共用側。

(二) 設置點位

土壤氣體監測井設置於防溢堤外者，依各側長度等距設置為宜，倘受限地形有無法設置側，則於其餘可設置側，依各側長度等距設置為宜。

土壤氣體監測井設置於防溢堤內者，則應依本辦法第 18 條第 3 項規定，採取替代方式以增加防止濺溢功能，例如於堤內增設截流溝、檔板或油氣偵測設備等，以避免貯存物質洩漏至監測井進入地下環境，並應經所在地環保機關同意該替代方式後，則不受限制可將監測井設置於防溢堤內。

(三) 監測井構造

有關土壤氣體監測井之構造如圖 1 所示，其井管與井篩規格摘要如表 3 所列，詳細內容說明如下：

1. 井管與井篩規格

土壤氣體監測井之直徑以 1 吋或 2 吋為原則，故井管及井篩可為 1 吋或 2 吋，管壁厚度為 Schedule 40，其材質應採用聚氯乙稀(PVC)、聚乙稀(PE)、高密度聚乙稀(HDPE)、聚四氟乙稀(PTFE，又稱鐵氟龍)、不銹鋼或其他與貯存物質具相容性之材質，並以單井管設置為宜，如於井管外另設置外套管時，應不妨礙進行監測井透氣度檢測及土壤中氣體油氣濃度之監測。

為有效量測土壤氣體，井篩應以全開篩為原則，其長度應達 50 公分以上，建議長度為 1 公尺至 1.5 公尺或以上，即設置深度建議至少達 1 公尺至 1.5 公尺以上，以避免積水等因素，造成監測井有效深度未達 50 公分而無法進行監測，倘增設土壤氣體監測井之對象為地下儲槽，其井篩之長度則建議為自地面混凝土底部開始至地下儲槽之埋設深度；而井篩之篩縫寬度應為 0.01 英吋以上，篩縫間距則建議不超過 0.1 英吋。

2. 濾料填實與封層

監測井管設置定位後，井篩與井管之外部應以多孔隙之濾料填實，濾料粒徑不得小於篩縫寬度，建議可採用粒徑大於 0.25 公釐之石英砂、中砂、粗砂、卵礫石或水力傳導係數大於每秒 10^{-3} 公分之其他材料，濾料上層至少以 10 公分皂土回填，皂土層至地表再以水泥填封，並於井管頂部裝設防水井頂蓋，以避免雜物進入井管。

3. 標記管理

監測井於完井後，應進行標記並建議製作名牌固定在監測井處，以利於現場辨識，其編號原則以事業自行制定為主，一般建議為全廠區面對正北方由左至右，由內而外，依序以阿拉伯數字編碼並於編號前加註英文字母，例如 A01、A02...依此類推，倘廠區內儲槽為分區設置者，宜依分區加註不同之英文字母。

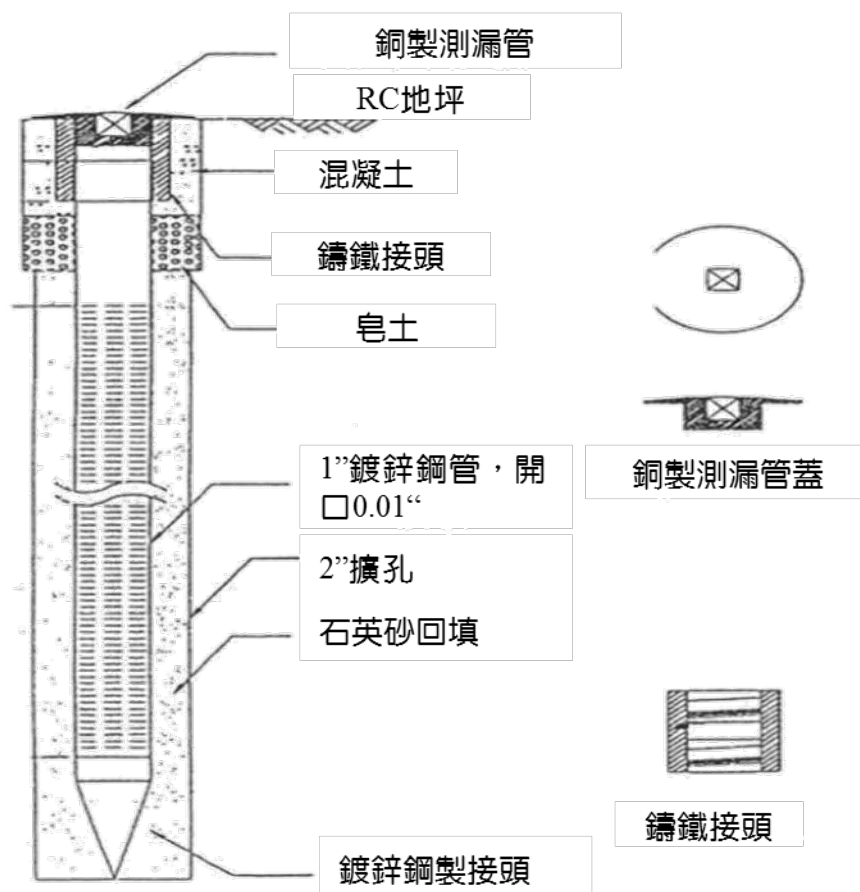


圖 1、土壤氣體監測井構造示意圖

表 3、土壤氣體監測井規格表

項目	建議規格
監測井材質	聚氯乙烯、聚乙烯、高密度聚乙烯、聚四氟乙烯、不銹鋼或其他與貯存物質具相容性之材質
管徑	1 吋或 2 吋
管壁厚度	Schedule 40
設置深度	達 50 公分以上，建議為 1 公尺至 1.5 公尺或以上，倘為地下儲槽應至其埋設深度
井篩長度	全開篩
篩縫寬度	0.01 英吋以上
篩縫間距	不超過 0.1 英吋
濾料粒徑	不得小於篩縫寬度，建議粒徑大於 0.25 公釐
濾料材料	石英砂、中砂、粗砂、卵礫石或水力傳導係數大於每秒 10^{-3} 公分之其他材料

三、案例說明

為使事業熟悉前述規範，以利完成地下水監測方案之規劃，故綜合各種常見之儲槽設置情形，設計一處模擬案例進行示範及說明。該模擬案例計有 13 座地上儲槽及 2 座地下儲槽，其設置概況詳見表 4 說明，平面配置圖如圖 2 所示，考量依儲槽相對位置與集中情形，可分為 5 個區域，除 E 區僅 1 座地上儲槽單獨設置以外，其餘 4 區均為 2 座以上儲槽集中設置，且符合同一或相鄰防溢堤等特殊情形，得減設不同口數之土壤氣體監測井，各區需設置之土壤氣體監測井數量計算說明如下：

(一) A 區（屬地上儲槽相鄰防溢堤情形）

A 區計有 6 座地上儲槽，其容積均為 5,000 公秉，依本辦法第 24 條第 1 項第 2 款規定，每座儲槽周圍需設置 6 口土壤氣體監測井，故 A 區需設置總數原為 36 口。

表 4、模擬案例已設置儲槽概況

儲槽編號	類型	位置	容積(公秉)	貯存物質	與其他儲槽有同一或相鄰防溢堤情形
A-T1	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T2 及 A-T3 儲槽相鄰防溢堤
A-T2	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T1 及 A-T4 儲槽相鄰防溢堤
A-T3	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T1、A-T4 及 A-T5 儲槽相鄰防溢堤
A-T4	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T2、A-T3 及 A-T6 儲槽相鄰防溢堤
A-T5	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T3 及 A-T6 儲槽相鄰防溢堤
A-T6	地上儲槽	A 區	5,000	柴油	分別與 A-T4 及 A-T5 儲槽相鄰防溢堤
B-T1	地上儲槽	B 區	30,000	燃料油	分別與 B-T2 及 B-T3 儲槽相鄰防溢堤
B-T2	地上儲槽	B 區	30,000	燃料油	分別與 B-T1 及 B-T4 儲槽相鄰防溢堤
B-T3	地上儲槽	B 區	30,000	柴油	分別與 B-T1 及 B-T4 儲槽相鄰防溢堤
B-T4	地上儲槽	B 區	30,000	柴油	分別與 B-T2 及 B-T3 儲槽相鄰防溢堤
C-T1	地上儲槽	C 區	1,000	柴油	與 C-T2 儲槽位於同一防溢堤
C-T2	地上儲槽	C 區	1,000	柴油	與 C-T1 儲槽位於同一防溢堤
D-T1	地下儲槽	D 區	60	柴油	屬地下儲槽，故無須設置防溢堤，但與 D-T2 儲槽相鄰
D-T2	地下儲槽	D 區	60	柴油	屬地下儲槽，故無須設置防溢堤，但與 D-T1 儲槽相鄰
E-T1	地上儲槽	E 區	400	柴油	無同一或相鄰防溢堤情形

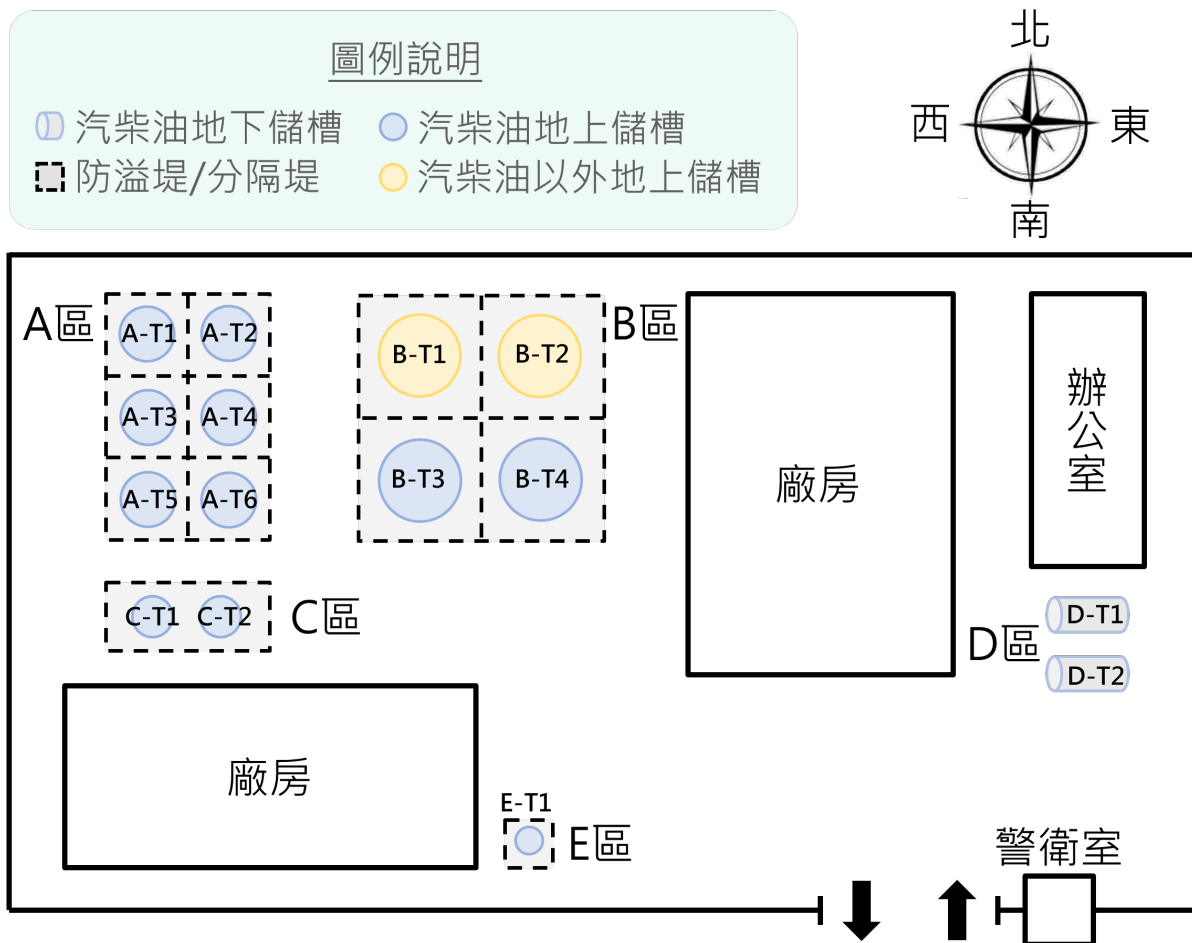


圖 2、模擬案例之平面配置圖

考量該 6 座儲槽之防溢堤彼此相鄰，依實際情形計算共用側邊數計 7 側，由於每個共用側可減少設置 2 口土壤氣體監測井，故 A 區減設數量為 14 口，最終需設置 22 口土壤氣體監測井。

(二) B 區（屬地上儲槽相鄰防溢堤情形）

B 區計有 4 座地上儲槽，其容積均為 30,000 公秉，依本辦法第 24 條第 1 項第 2 款規定，每座儲槽周圍需設置 8 口土壤氣體監測井，故 B 區需設置總數原為 32 口。考量該 4 座儲槽之防溢堤彼此相鄰，依實際情形計算共用側邊數計 4 側，由於每個共用側可減少設置 2 口土壤氣體監測井，故 B 區減設數量為 8 口，最終需設置 24 口土壤氣體監測井。

(三) C 區（屬地上儲槽同一防溢堤情形）

C 區計有 2 座地上儲槽，其容積均為 1,000 公秉，依本辦法第 24 條第 1 項第 2 款規定，每座儲槽周圍需設置 6 口土壤氣體監測井，故 C 區需設置總數原為 12 口。考量該 2 座儲槽設置於同一處防溢堤內，

其周圍土壤氣體監測井可合併計算，故 C 區最終需設置 6 口土壤氣體監測井。

(四) D 區（屬地下儲槽相鄰設置情形）

D 區計有 2 座地下儲槽，其容積均為 60 公秉，依本辦法第 13 條第 1 項第 2 款規定，每座儲槽周圍需設置 4 口土壤氣體監測井，故 D 區需設置總數原為 8 口。考量該 2 座地下儲槽相鄰設置，依實際情形計算相鄰側邊數計 1 側，由於每個相鄰側可減少設置 2 口土壤氣體監測井，故 D 區減設數量為 2 口，最終需設置 6 口土壤氣體監測井。

綜上所述，A 區至 D 區需設置土壤氣體監測井數量分別 22 口、24 口、6 口及 6 口，另 E 區因僅 1 座地上儲槽單獨設置，不適用同一或相鄰防溢堤等特殊情形，依本辦法第 24 條第 1 項第 2 款規定，E 區該座 400 公秉儲槽需設置 4 口土壤氣體監測井，故該模擬案例全廠區總計需設置 62 口土壤氣體監測井，其設置點位如圖 3 所示，監測井數量彙整詳表 5。

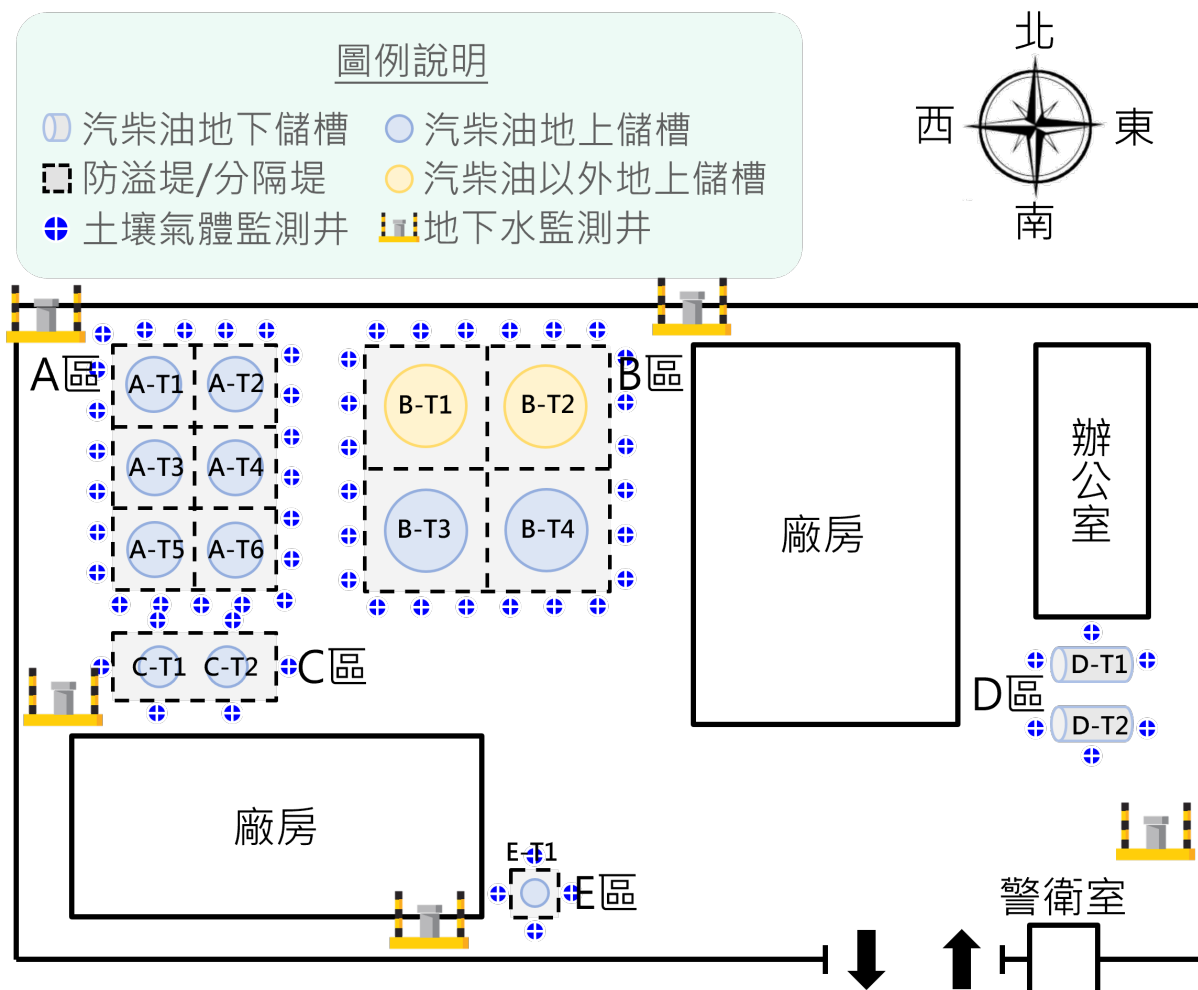


圖 3、模擬案例之土壤氣體監測井設置點位

表 5、模擬案例需設置土壤氣體監測井數量

位置	原需設置 土壤氣體監測井數量	共用側數量	最終需設置 土壤氣體監測井數量	說明
A 區	36 口	7 側	22 口	減設 14 口
B 區	32 口	4 側	24 口	減設 8 口
C 區	12 口	同一防溢堤	6 口	
D 區	8 口	1 側	6 口	減設 2 口
E 區	4 口	不適用	4 口	
全廠區			62 口	上述 5 區之總和

對於同一區域集中設置之儲槽，倘該區域儲槽同時有貯存汽油、柴油與貯存汽油、柴油以外指定物質者，其周圍之土壤氣體監測井可分批完成設置，針對該區內貯存汽油、柴油儲槽，應依防溢堤實際相鄰情形計算需設置土壤氣體監測井數量，並於 112 年前完成設置；後續再針對該區內全部儲槽，同樣依防溢堤實際相鄰情形計算最終需設置數量，並於 116 年前補設置完成其餘監測井。

以模擬案例之 B 區為例，B 區有 2 座貯存柴油之 30,000 公秉儲槽，屬 112 年起開始監測之對象，另有 2 座容積同為 30,000 公秉但貯存燃料油之儲槽，則屬 116 年起開始監測對象，考量實施時間不同，故於 112 年前僅需完成設置該 2 座柴油儲槽周圍之土壤氣體監測井，由於此階段之監測對象僅該 2 座柴油儲槽，依實際情形計算共用側邊數計 1 側，考慮減設的 2 口後，於 112 年前需設置土壤氣體監測井數量為 14 口，其點位依各側長度等距設置為宜。

後續於 116 年前完成設置 B 區最終需設置之總數 24 口，故 112 年至 115 年期間再補充設置 10 口土壤氣體監測井，並於 116 年起增加該 10 口之監測，有關 B 區於未來不同時間之土壤氣體監測井設置過程如表 6 說明。

表 6、B 區於未來不同時間之土壤氣體監測井設置過程

時間	設置示意	說明
112 年 1 月 1 日 至 115 年 12 月 31 日		1. 監測對象：計 2 座，包括 B-T3 及 B-T4 儲槽。 2. 相鄰防溢堤情形：計 1 側，僅考慮 B-T3 及 B-T4 儲槽相鄰之共用側。 3. 需設置土壤氣體監測井數量：計 14 口（原需 16 口，減設 2 口）。
116 年 1 月 1 日起		1. 監測對象：計 4 座，除 B-T3 及 B-T4 儲槽以外，增加 B-T1 及 B-T2 儲槽。 2. 相鄰防溢堤情形：計 4 側，除 B-T3 及 B-T4 儲槽相鄰之 1 側以外，增加 B-T1、B-T2 儲槽及其分別與 B-T3、B-T4 儲槽相鄰之 3 側。 3. 需設置土壤氣體監測井數量：計 24 口（原需 32 口，減設 8 口），除 116 年前需設置之 14 口以外，須再增加設置 10 口。

圖例說明：■表示貯存汽油、柴油之儲槽，■表示貯存汽油、柴油以外指定物質之儲槽，□表示防溢堤或分隔堤，紅色及綠色線條均表示共用側，⊕表示土壤氣體監測井。