

下水道短(小)管直線推進技術手冊編制

及虛擬實境模擬訓練系統研發

期末報告

目錄

	頁次
第一章 前言	1
1.1 前言	1
第二章 系統規格說明	5
2.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介	5
2.2 VR 模擬訓練系統規劃方法	8
2.3 模擬訓練系統硬體介接方法	8
2.4 模擬訓練系統場景及模型說明	10
2.6 推進模擬控制台腳本說明	18
2.7 系統需求說明	24
2.8 系統光碟片檔案架構	25
第三章 虛擬實境模擬訓練系統	26
3.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介	26
3.2 虛擬實境模擬訓練系統架構	27
3.3 虛擬實境模擬訓練空間規劃	28
3.4 下水道設備及模型介紹	29
3.5 虛擬實境互動方式介紹	31
3.6 虛擬實境訓練腳本說明	32
3.7 啟動畫面說明	33
3.8 職安作業場景	34
3.9 Stopper 作業場景	36
3.10 吊管及接管作業場景	37
3.11 輸送系統作業場景	38
3.12 設備檢查作業場景	39
3.13 掘進機選擇場景	40
第四章 推進模擬控制台	41
4.1 推進模擬控制台訓練系統簡介	41
4.2 泥水式推進環境介紹	42
4.3 Model-based 推論引擎說明	43
4.4 推進模擬控制台腳本介紹	44
4.5 推進模擬控制台資訊面盤介紹	45

4.6 推進模擬控制台控制面盤介紹	48
4.7 泥水循環系統控制說明	50
4.8 標靶方向控制說明	55
4.9 發進機(千斤頂)控制說明	63
4.10 送排泥轉數控制說明	64
4.11 推進模擬訓練腳本參數說明	65
4.12 設備檢查腳本說明	68
4.13 推進模擬訓練腳本說明	70
4.14 開機階段模擬訓練腳本說明	71
4.15 推進階段模擬訓練腳本說明	74
4.16 前進速度控制腳本說明	75
4.17 旋轉角控制腳本說明	76
4.18 電流控制腳本說明	77
4.19 流量控制腳本說明	78
4.20 推進方向控制腳本說明	79
4.21 異常階段訓練腳本說明	80
4.22 電流瞬間過高腳本說明	81
4.23 流量瞬間變低腳本說明	82
4.24 方向修正壓力過高腳本說明	83
4.25 主頂油缸推進壓力過高腳本說明	84
4.26 功能選單說明	85
4.27 腳本設定說明	86
4.28 地質及掘進刀盤設定說明	87
第五章 研發推廣說明會	88
5.1 推廣說明會辦理概述	88
5.2 邀請參加對象	88
5.3 推廣說明會時間、地點及議程表：	88
5.4 講師名單	89
5.5 各場推廣說明會辦理情形：	92
附件一 推廣說明會 執行計畫書 核備函文	114
附件二 推廣說明會與會人員意見回饋	117
附件三 教育訓練簡報資料	118
附件四 營建署長官體驗與指導	135

圖目錄

	頁次
圖 1.1-1 泥水式推進工法示意圖	1
圖 1.1-2 掘進機與主要適用地質	2
圖 1.1-3 模擬訓練系統整合模型	4
圖 2.1-1 虛擬實境模擬訓練系統功能，依使用者類別區分	6
圖 2.2-1 虛擬實境模擬訓練軟硬體及 3D 場景示意圖	8
圖 2.3-1 模擬控制台架構示意圖	9
圖 2.3-2 硬體介接方法與資料流程圖	9
圖 2.4-1 3D 場景及模型規劃圖	10
圖 2.4-2 掘進機頭動畫規劃圖	11
圖 2.4-3 發進井場景模型規劃圖	12
圖 2.4-4 靜態模型規劃	13
圖 2.5-1 訓練腳本流程規劃	14
圖 2.5-2 Model-based 推論引擎架構圖	15
圖 2.5-3 VR 模擬訓練腳本示意圖	15
圖 2.5-4 設備檢查及測試運轉/推進機檢查示意圖	16
圖 2.5-5 職安作業圖	17
圖 2.5-6 吊管作業/管材放置作業圖	17
圖 2.5-7 輸送系統作業圖	17
圖 2.6-1 推進模擬控制台成品圖	18
圖 2.6-2 推進模擬控制台訓練腳本	19
圖 2.6-3 推進模擬控制台控制面盤	20
圖 2.6-4 設備檢查腳本畫面	20
圖 2.6-5 模擬訓練類型	21
圖 2.6-6 推進階段模擬訓練腳本	22
圖 2.6-7 異常階段模擬訓練腳本	23
圖 2.8-1 光碟片檔案架構示意圖	25
圖 3.1-1 HTC Vive Pro 虛擬實境套件組	26
圖 3.2-1 虛擬實境模擬訓練系統架構圖	27
圖 3.3-1 虛擬實境模擬訓練定間定位示意圖	28
圖 3.4-1 下水道推進工程常見設備圖	29
圖 3.4-2 虛擬實境設備模型圖	30
圖 3.5-1 虛擬實境互動方式示意圖	31
圖 3.6-1 虛擬實境訓練腳本示意圖	32
圖 3.7-1 系統啓動畫面	33
圖 3.7-2 模擬訓練腳本選單畫面	33

圖 3.8-1 職安作業場景畫面.....	35
圖 3.9-1 千斤頂推進作業(Stopper)場景畫面.....	36
圖 3.10-1 吊管作業場景畫面.....	37
圖 3.11-1 輸送系統作業場景畫面.....	38
圖 3.12-1 設備檢查作業場景畫面.....	39
圖 3.13-2 掘進機選擇作業場景畫面.....	40
圖 4.1-1 推進模擬控制台成品圖.....	41
圖 4.2-1 泥水式推進工法示意圖.....	42
圖 4.3-1 Model-based 推論引擎示意圖.....	43
圖 4.4-1 模擬控制台訓練腳本示意圖.....	44
圖 4.5-1 資訊面盤上半部功能對應圖.....	45
圖 4.5-2 資訊面盤下左半部功能對應圖.....	46
圖 4.5-3 資訊面盤下右半部功能對應圖.....	47
圖 4.6-1 推進模擬控制台控制面盤實景圖.....	48
圖 4.6-2 推進模擬控制台控制面盤區域對應圖.....	48
圖 4.6-3 控制面盤區域與資訊面盤對應圖.....	49
圖 4.7-1 立坑循環示意圖.....	50
圖 4.7-2 旁通閥切換示意圖.....	51
圖 4.7-3 泥水機內循環示意圖.....	52
圖 4.7-4 泥水機頭循環示意圖.....	53
圖 4.7-5 泥水管外循環示意圖.....	54
圖 4.8-1 標靶方向控制資訊面盤示意圖.....	55
圖 4.8-2 標靶方向控制按鈕及修正千斤頂示意圖.....	56
圖 4.8-3 上下方向修正示意圖.....	57
圖 4.8-4 修正千斤頂向上修正示意圖.....	58
圖 4.8-5 修正千斤頂向下修正示意圖.....	59
圖 4.8-6 左右方向修正示意圖.....	60
圖 4.8-7 修正千斤頂向左修正示意圖.....	61
圖 4.8-8 修正千斤頂向右修正示意圖.....	62
圖 4.9-1 控制台 C 區按鈕示意圖.....	63
圖 4.10-1 控制台 D 區轉數旋鈕示意圖.....	64
圖 4.11-1 推進模擬訓練腳本製作流程示意圖.....	65
圖 4.12-1 發電機檢查腳本畫面示意圖.....	68
圖 4.12-2 電控櫃檢查腳本畫面示意圖.....	68
圖 4.12-3 控制台按鈕檢查腳本畫面示意圖.....	69
圖 4.13-1 模擬訓練類型.....	70
圖 4.15-1 推進階段模擬訓練腳本選單.....	74
圖 4.21-1 異常階段訓練腳本選單.....	80

圖 4.26-1 功能選單畫面.....	85
圖 4.27-1 腳本設定畫面.....	86
圖 4.28-1 地質及掘進刀盤設定畫面.....	87
圖 5.5-1 推廣說明會會場佈置.....	94
圖 5.5-2 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞.....	95
圖 5.5-3 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞.....	95
圖 5.5-4 內政部營建署水工處中區分處 盧偉銘副分處長 致詞.....	96
圖 5.5-5 推廣說明會會場與會人員剪影.....	96
圖 5.5-6 台中場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析 ...	97
圖 5.5-7 台中場--下水道推進技術手冊研擬說明 主講人：蔡承祐/總經理.....	97
圖 5.5-8 台中場--模擬訓練系統運用研析 主講人：劉建志/博士.....	98
圖 5.5-9 台中場--虛擬實境模擬訓練系統操作說明.....	98
圖 5.5-10 台中場--虛擬實境模擬訓練系統操作實務.....	99
圖 5.5-11 台中場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗.....	99
圖 5.5-12 台中場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗.....	100
圖 5.5-13 台中場--推進模擬控制台操作體驗.....	100
圖 5.5-14 推廣說明會會場佈置.....	102
圖 5.5-15 推廣說明會會場佈置.....	102
圖 5.5-16 推廣說明會會場佈置.....	103
圖 5.5-17 推廣說明會會場佈置.....	103
圖 5.5-18 推廣說明會會議報到區.....	104
圖 5.5-19 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞.....	104
圖 5.5-20 內政部營建署 黃文彥副總工程司 致詞.....	105
圖 5.5-21 推廣說明會會場與會人員剪影.....	105
圖 5.5-22 台北場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析	106
圖 5.5-23 台北場--下水道推進技術手冊研擬說明.....	106
圖 5.5-24 台北場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗 黃副總 實際體驗.....	107
圖 5.5-25 台北場--推進模擬控制台操作體驗 黃副總 實際體驗.....	107
圖 5.5-26 推廣說明會會場佈置.....	108
圖 5.5-27 推廣說明會會場佈置.....	109
圖 5.5-28 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞.....	109
圖 5.5-29 高雄市政府水利局 張士杰 主任秘書 致詞.....	110
圖 5.5-30 推廣說明會會場與會人員剪影.....	110
圖 5.5-31 高雄場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析	111
圖 5.5-32 高雄場--下水道推進技術手冊研擬說明.....	111
圖 5.5-33 高雄場--推進模擬控制台操作體驗.....	112
圖 5.5-34 高雄場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗.....	112
圖 5.5-35 高雄場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗.....	113

表目錄

	頁次
表 2.7-1 系統硬體需求.....	24
表 2.7-2 系統軟體需求.....	24
表 4.5-1 資訊面盤上半部資訊對應表.....	45
表 4.5-2 資訊面盤下左半部資訊對應表.....	46
表 4.5-3 資訊面盤下左右半部資訊對應表.....	47
表 4.11-1 推進模擬參數表.....	66
表 4.11-2 不同地質推進狀態表.....	67
表 5.3-1 推廣說明會議程表.....	89
表 5.4-1 推廣說明會講師名單.....	89

第一章 前言

1.1 前言

- 泥水式推進工法概要

一、基本概念

前端為隔板密閉的泥水式掘進機，主要係以隔板密閉掘進機構體，僅切削盤露出構體前端，當推進井元押千斤頂挺進時，於切削盤轉動將前端土壤切削與泥水混合成泥漿，進入切削盤內側，使切削盤內注滿泥漿，以維持切削盤與切削盤外土壓、水壓的平衡，穩定切削盤旋轉掘削作業功能，並使挖掘較粗顆粒的土壤與泥水攪拌成細粒泥漿，以壓力管輸送坑外，泥漿經處理設備分離為泥土與泥水，泥水可再循環使用，泥土以卡車運棄。

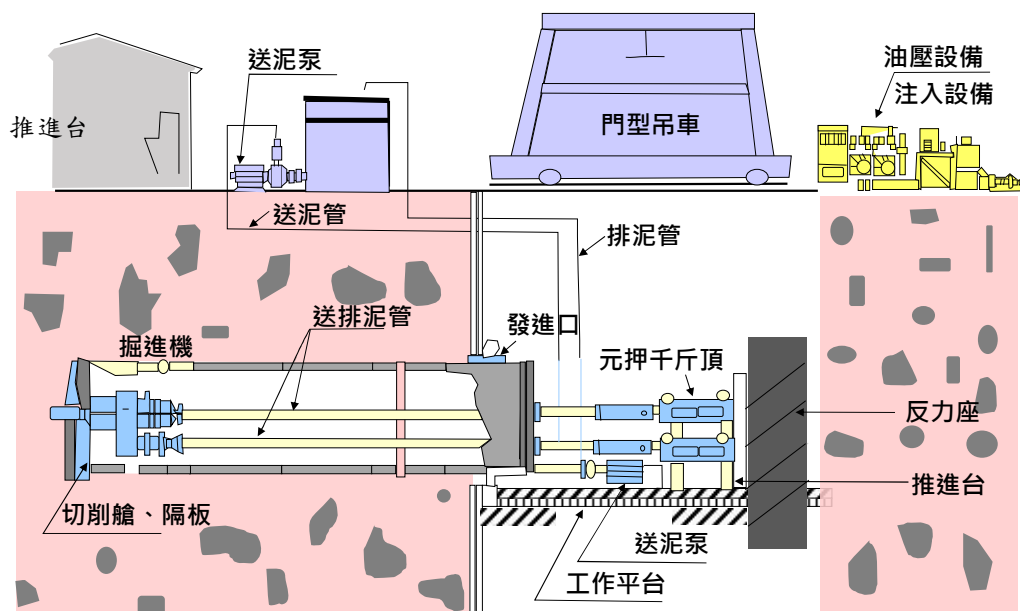


圖 1.1-1 泥水式推進工法示意圖

二、工法特性(本案係針對 $\phi 300\text{mm} \sim \phi 600\text{mm}$ 管徑說明)

1. 掘削面穩定性高，地質適用範圍廣；
2. 可迅速灌注泥水及輸出泥漿，做較長距離的推進施工；
3. 機械挖掘輸送泥漿速度較土壓式工法螺旋輸送時間快，工期較短；
4. 密封型挖掘作業，施工安全性高；
5. 挖掘之土壤攪拌泥漿以壓力管輸送，坑內作業環境安全良好。

三、地質適用性

泥水式推進工法其適用地質範圍廣泛，如地下水壓高或土質變化大之地層皆可適用此工法，尤其是湧水多之軟弱地盤。但泥水式推進工法遭遇流木或既有構造物等地層則會有作業困難的問題，所以宜先將地層狀況調查完整。

四、掘進機頭選擇

依據各地區不同地質之條件，掘(切)削刀盤之選用，於一般土壤時主要是以挖掘土壤為主，於卵礫石層及岩盤時需將卵礫石及岩盤進行破碎，各地質合適的切削刀盤如下所示。

五、地質分類

就施工技術概念參考台北市衛工處施工規範地質分類，區分如下：

- 1.砂質土或粘質土(礫石含有率未滿 30%、N 值 30 以下)
- 2.礫質土(礫石含有率大於 30%小於 60%、N 值 50 以下)
- 3.卵礫石層(卵石加礫石含有率超過 60%)
- 4.岩盤(N 值超過 50)

切 削 盤	適 用 土 層
	砂質土 粘質土
	礫質土
	卵礫石層
	岩盤

圖 1.1-2 掘進機與主要適用地質

本模擬訓練系統主要以下水道短(小)管推進工程為主，採用管材為400~500mm 內徑之泥水式推進工法，透過一條龍的訓練模式，讓學員能夠學習到如何以發進井為工作基地，利用掘進機組橫向貫穿道路底層，避免延線開挖地面，將管材埋置於設計方向與高程位置，及至到達井成為一段新管道，整個推進工法之基本架構包括：

1. 控制台組－推進策略、障礙判讀及排除
2. 工作井組－發進井、到達井、反力座、鏡面框、工作平台
3. 推進機組－千斤頂（元壓或中壓）、油壓設備、推進台、導軌、座墊、經緯儀（雷射儀）
4. 掘進機組－一切削刀盤、方向千斤頂、驅動馬達、標的、螺旋輸送機（或壓力輸送泵）
5. 搬運設備－臺車（或壓力管及泥漿處理設備）、吊車、卡車
6. 管材－鋼管、混凝土管、磁化黏土管、塑膠類管

本模擬訓練系統讓學員能夠學習如何應用上述推進工法、設備及流程，於不同地質環境下的推進策略、推進障礙的判讀以及合適的排除方法，模擬訓練工作項目敘述如下：

1. 發進井作業：

學員透過備戴 VR 頭顯裝置，體驗沉浸式的發進井內作業訓練，經由視覺化引導以及雙手模擬操控的方式，學習職安要領、吊管作業、擋板作業以及傳輸線處理等發進井內作業程序。

2. 管體推進作業：

學員透過虛擬控制台學習泥水式推進機組在不同地質條件下的推進工法以及各種推進時會遇到的狀況排除方法，學員可在擬真的控制台上，對於不同地質以及掘削刀組，執行不同的推進策略。藉由控制推進機具的參數如推力、扭力及高程控制，以及推進機具的回饋資訊如推進壓力、推進速度及出土量等來熟悉遇到推進狀況的處理方法。

本模擬訓練系統依據推進系統技術手冊，將設備知識、地質知識以及推進策略，經由知識數據化、數據處理及模擬公式處理，以Model-based的方式發進井工作人員、控制台操作人員各種推進作業訓練腳本，分別為虛擬實境模擬訓練功能、推進模擬控制台訓練功能，以下章節將說明各訓練功能主要

內容。

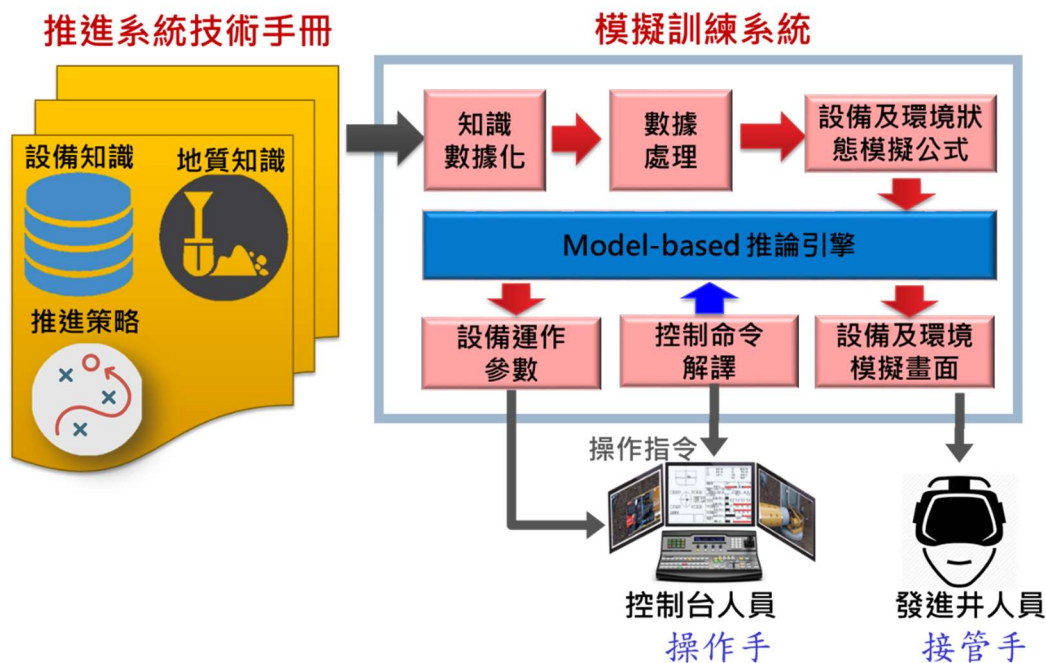


圖 1.1-3 模擬訓練系統整合模型

所謂Model-based就是以各種單一的模式進行訓練，例如板檔操作教學、職安教學、泥水控制教學、方向修正教學。在進行泥水控制教學時，便不會出現方向修正時才會出現的方向異常狀況，然而在真實的推進工作時，是可能方向異常跟泥水流量異常同時發生，為了讓學員可以清楚了解各別推進時的知識，故本系統採用Model-based的方式進行教學。

第二章 系統規格說明

2.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介

本虛擬實境模擬訓練系統以泥水推進模式為主要訓練內容，分為 VR 模擬訓練以及推進模擬控制台訓練兩種模式。第一種 VR 模擬訓練，學員透過配戴 VR 頭戴顯示器，進行設備檢查、職安作業以及體驗發進井工作訓練如管材之搬運移動、吊管、下溝、管線處理等工作井內的推進作業內容，藉由虛擬實境的方式讓學員體會下水道推進的工序，以加速了解整個作業的流程。

除了在發進井的 VR 訓練模式外，還有操作手的模擬控制台訓練，學員透過操作實體模擬控制台，學習如何控制推進速度、油壓轉數及送排泥管旁通等操作，並體會數種不同推進障礙如遭遇地質變化、流量瞬間變少等狀況去熟悉如何進行推進控制以及障礙排除。兩種不同身份的學員可同步進行訓練，並依據不同的地質條件以及推進障礙，學習如何用操作控制台以及 VR 虛擬實境的方式來因應各種狀況。本系統之主要功能如下圖所示，整個模擬系統共包括發進井工作人員、控制台工作人員以及系統管理人員三種主要角色，並各自有不同的功能項目：

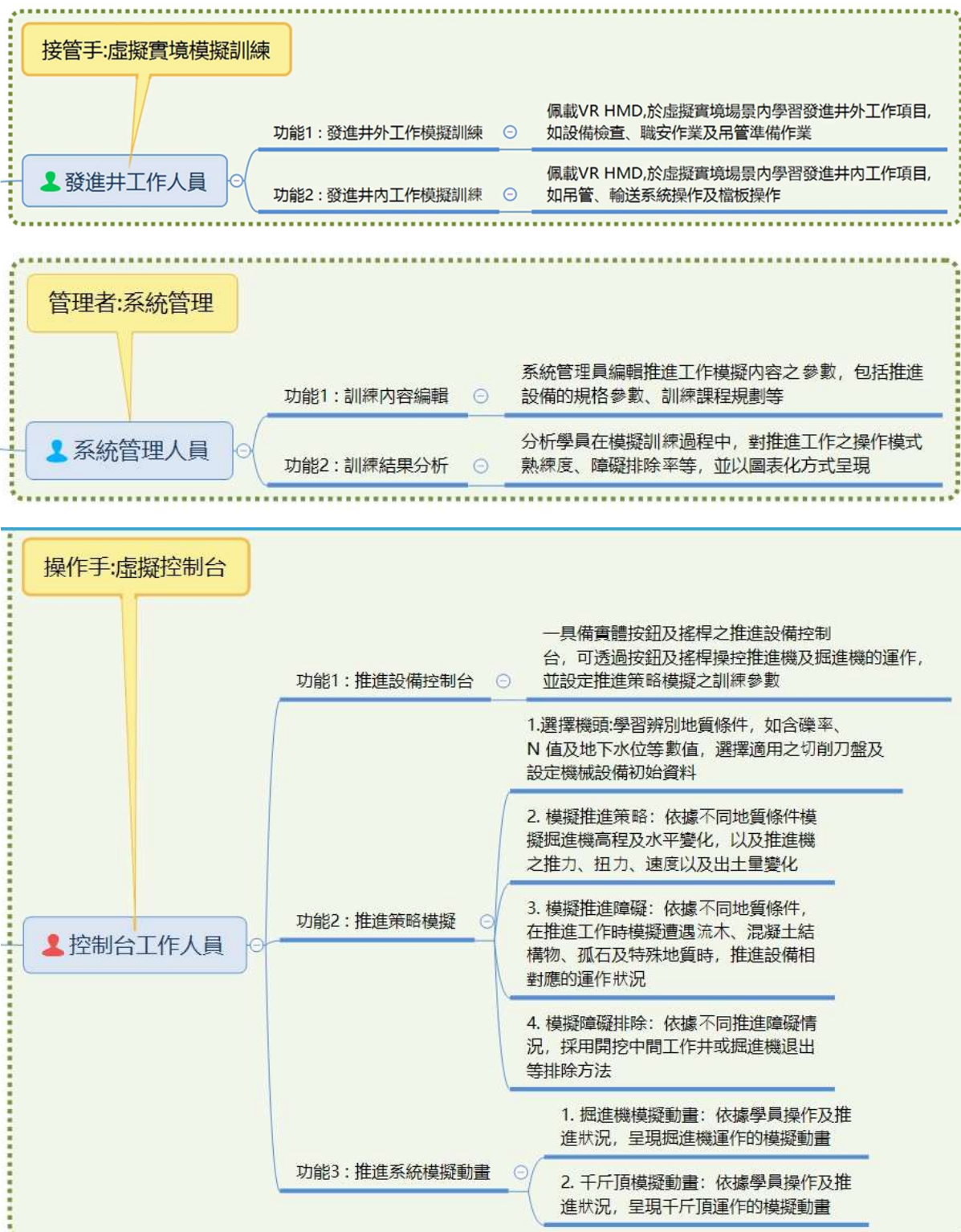


圖 2.1-1 虛擬實境模擬訓練系統功能, 依使用者類別區分

2.1.1 發進井工作人員

- 一、功能一：地質分析模擬訓練，佩戴 VR HMD，學習辨別地質條件，如含礫率、N 值及地下水位等數值，選擇適用之切削刀盤。
- 二、功能二：發進井內工作模擬訓練，佩戴 VR HMD，於虛擬實境場景內學習發進井內工作項目，如職安作業要領、擋板切換、管材之搬運移動、吊管、定位、接軌等操作。

2.1.2 系統管理人員

- 一、功能一：訓練內容編輯，系統管理員編輯推進工作模擬內容之參數，包括推進設備的規格參數、訓練課程規劃等。
- 二、功能二：訓練結果分析，分析學員在模擬訓練過程中，對推進工作之操作模式熟練度、障礙排除率等。

2.1.3 控制台工作人員

- 一、功能一：推進設備控制台，一具備實體按鈕及搖桿之推進設備控制台，可透過按鈕及搖桿操控推進機及掘進機的運作，並設定推進策略模擬之訓練參數
- 二、功能二：推進策略模擬
 - (一) 模擬推進策略：依據不同地質條件模擬掘進機高程及水平變化，以及推進機之電流、壓力、速度以及排泥量變化。
 - (二) 模擬推進障礙：依據不同地質條件，在推進工作時模擬遭遇不同地質如礫質土、沙質土及岩盤等特殊地質時，推進設備相對應的運作狀況。
- 三、功能三：推進系統模擬動畫
 - (一) 掘進機模擬動畫：依據學員操作及推進狀況，呈現掘進機運作的模擬動畫。
 - (二) 推進系統模擬動畫：依據學員操作及推進狀況，呈現推進系統運作的模擬動畫。

2.2 VR 模擬訓練系統規劃方法

本 VR 虛擬實境模擬訓練系統主要是以工作人員在發進井的作業為主，因此現場作業的實際情況便非常重要，系統的前期作業將會以實地場勘再加上專家訪談的方式，匯集實地的作業方式及相關設備。在匯集了實地的作業工序以及專家意見之後，便會開始著手進行模擬系統的開發規劃。本模擬系統將採用國產 HTC VIVE 頭戴顯示器，結合 Unity3D 開發工具，結合 3DsMax 的 3D 模型打造擬真的下水道推進場景。由於發進井分為井上以及井下的作業模式，加上需要雙手進行細部的操作，因此本虛擬實境的模擬系統的訓練模式將改變傳統使用手把的方法，而採用釋放雙手的方式進行，讓學員可以感受擬真的操作感。



圖 2.2-1 虛擬實境模擬訓練軟硬體及 3D 場景示意圖

2.3 模擬訓練系統硬體介接方法

本模擬訓練系統總共包含了 VR 模擬訓練以及控制台訓練兩種模式，主要的器具包括 HTC Vive、Leap Motion、模擬控制台(包含 PC 以及 3 台螢幕)，為了實現此兩種模式的訓練，必須將模擬內容以及控制台的操控訊息串接起來，主要的設備連結方法如下圖所示，其中控制台的控制面盤以 Ethernet 與控制台主機 PC 連結，2 台 LCD 螢幕以 Display port 連結，觸控螢幕則以 HDMI 連結。VR 模擬則採用背包式電腦，並經由 Local Network 連接(可以為 2.4G/5.8G 或 60G Hz)無線傳輸，VR 頭盔則以 Display port 與背包式電腦連結，應用手勢辨識的 Leap Motion 則透過 USB 與背包式電腦連結。

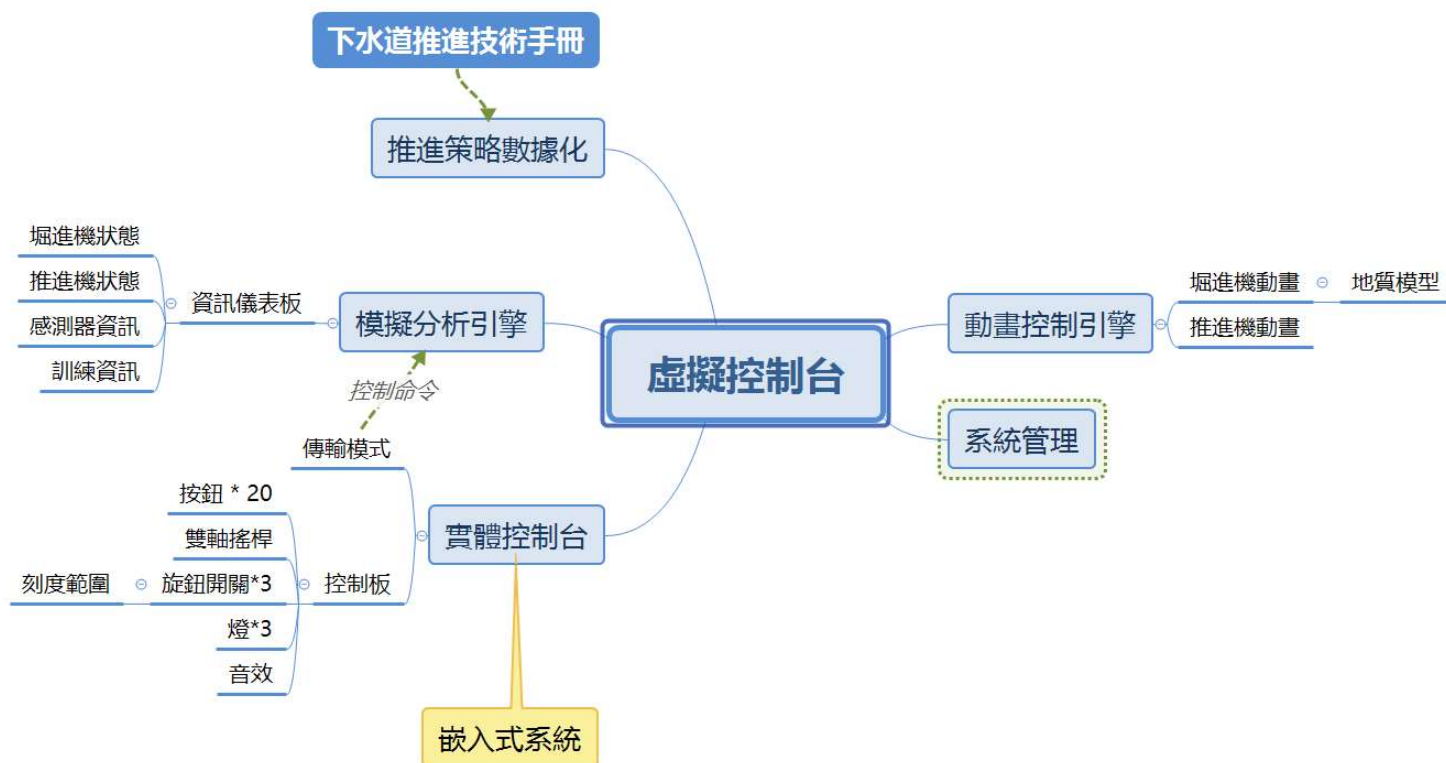


圖 2.3-1 模擬控制台架構示意圖

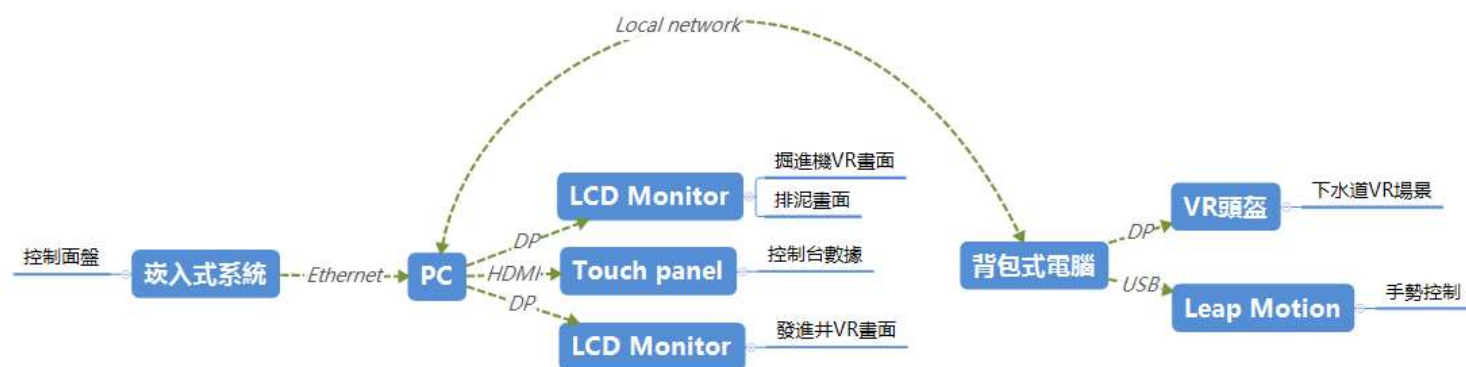


圖 2.3-2 硬體介接方法與資料流程圖

2.4 模擬訓練系統場景及模型說明

模擬系統的 3D 場景及模型共分成四個部份，分別為推進機動畫、掘進機頭動畫、發進井場景以及靜態模型。

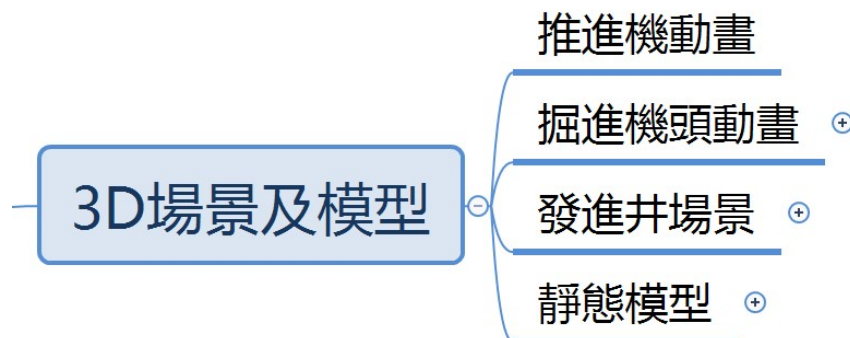


圖 2.4-1 3D 場景及模型規劃圖

2.4.1 推進機動畫

推進機動畫主要呈現推進機在前進以及後退時的動畫內容，同時配合 Stopper 的位置，來實現不同位置的推進距離。

2.4.2 掘進機頭動畫

掘進機頭動畫主要呈現掘進機頭在面對不同地質的動畫內容，系統共計四種不同的切削面盤，分別為砂質土或粘質土面盤、礫質土面盤、卵礫石層面盤以及岩盤面盤。另外地質則區分為一般地質以及特殊地質如流木、孤石或混擬土結構物等。

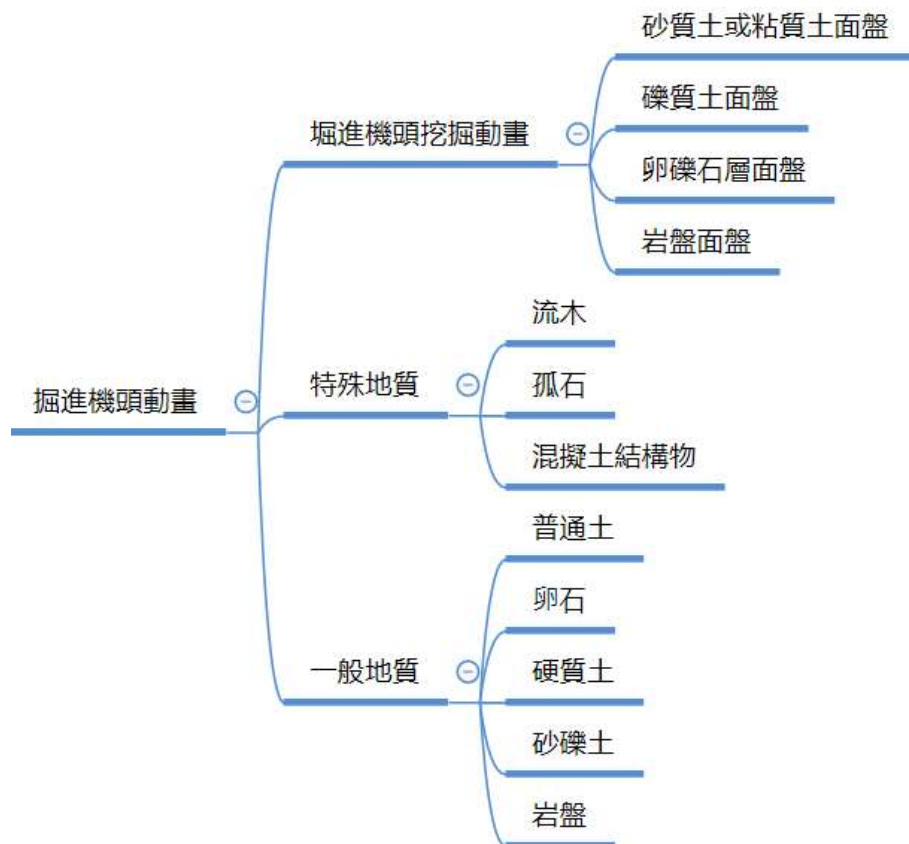


圖 2.4-2 掘進機頭動畫規劃圖

2.4.3 發進井場景

發進井是主要的 VR 模擬場景，其中包括推進機外還包括了保護網、管材、反力牆、出土物等物品，以及相關的音效包括機器運作聲及環境聲。

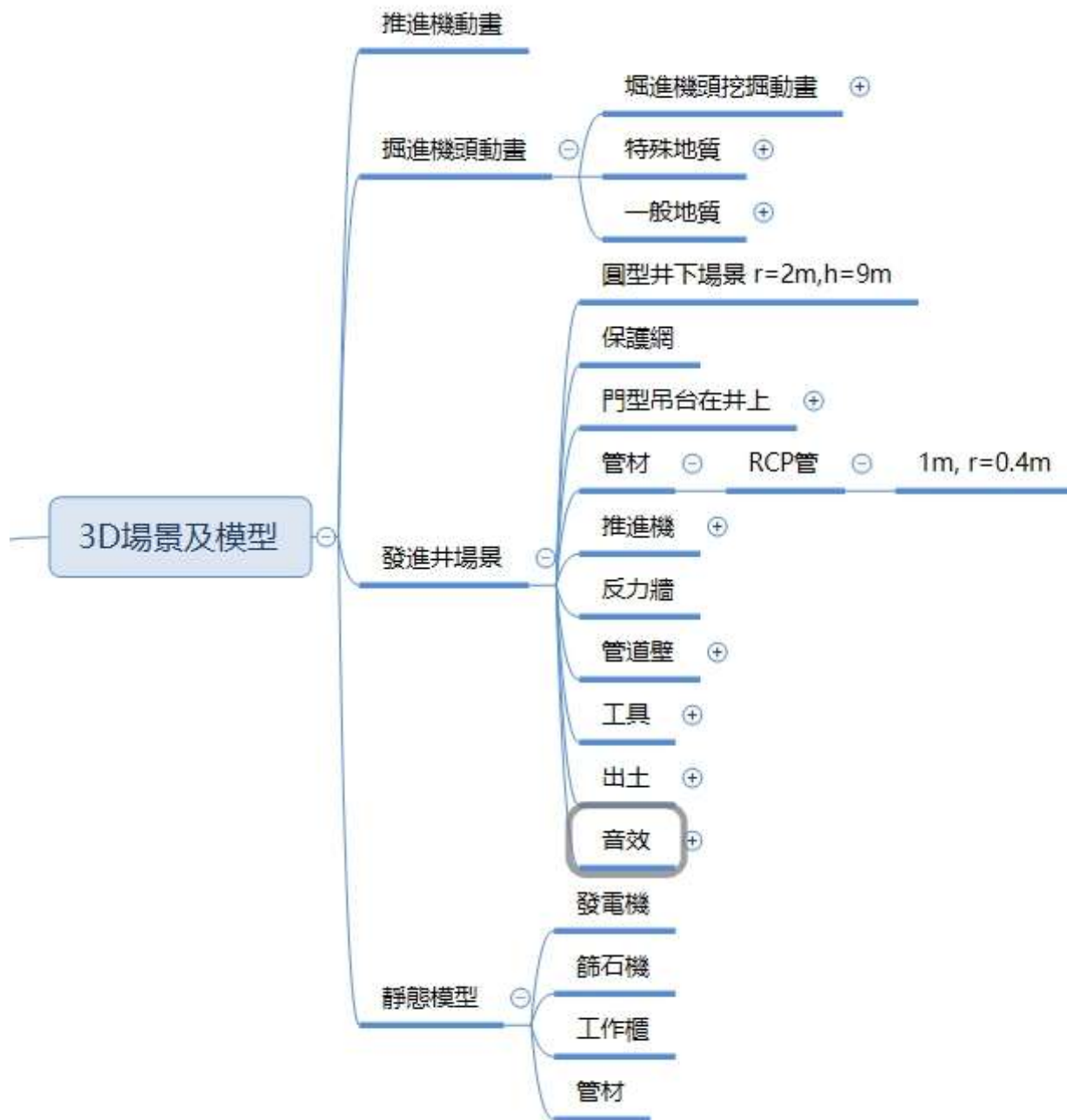


圖 2.4-3 發進井場景模型規劃圖

2.4.4 靜態模型

靜態模型主要包括在發進井外的一些設備及材料，主要的有發電機、篩石機、工作櫃以及管材等。

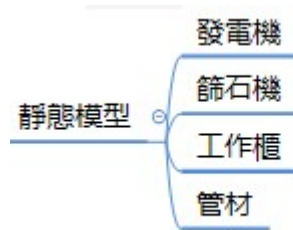


圖 2.4-4 靜態模型規劃

2.5 模擬訓練系統腳本說明

本系統的訓練學員分為接管手以及操作手，在管理者設定好訓練參數後，便會依據參數產生訓練腳本參數，並個別傳送給 VR 以及模擬控制台。接管手在配戴 VR 頭顯裝置前先確認 VR 裝置以及畫面訊息是否正確後便可開始模擬訓練。而操作手則檢查操作面盤以及螢幕內容是否正確後進入模擬訓練，一開始為正常推進，再依據訓練腳本產生推進障礙的狀況，透過提示及引導方式由學員排除後計算模擬結果。

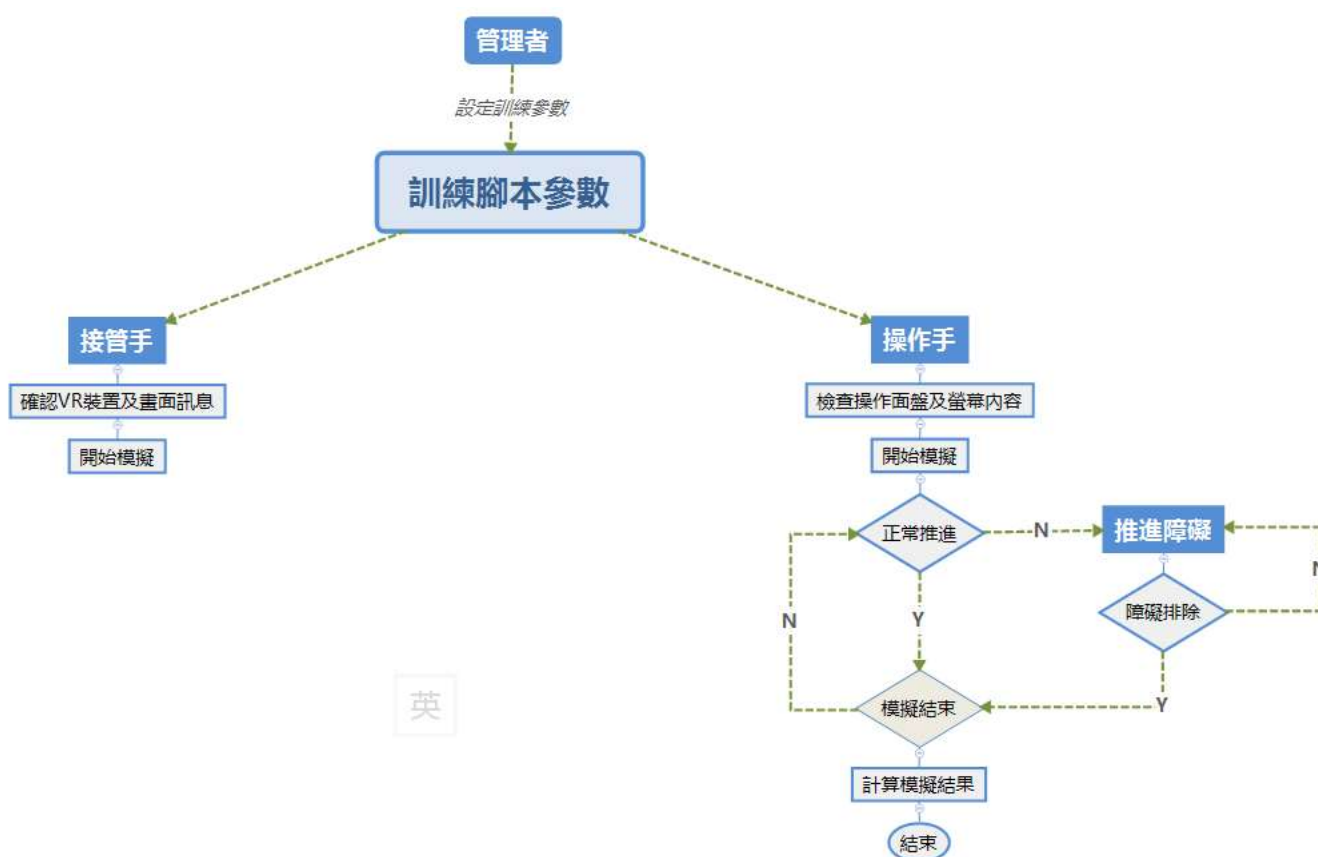


圖 2.5-1 訓練腳本流程規劃

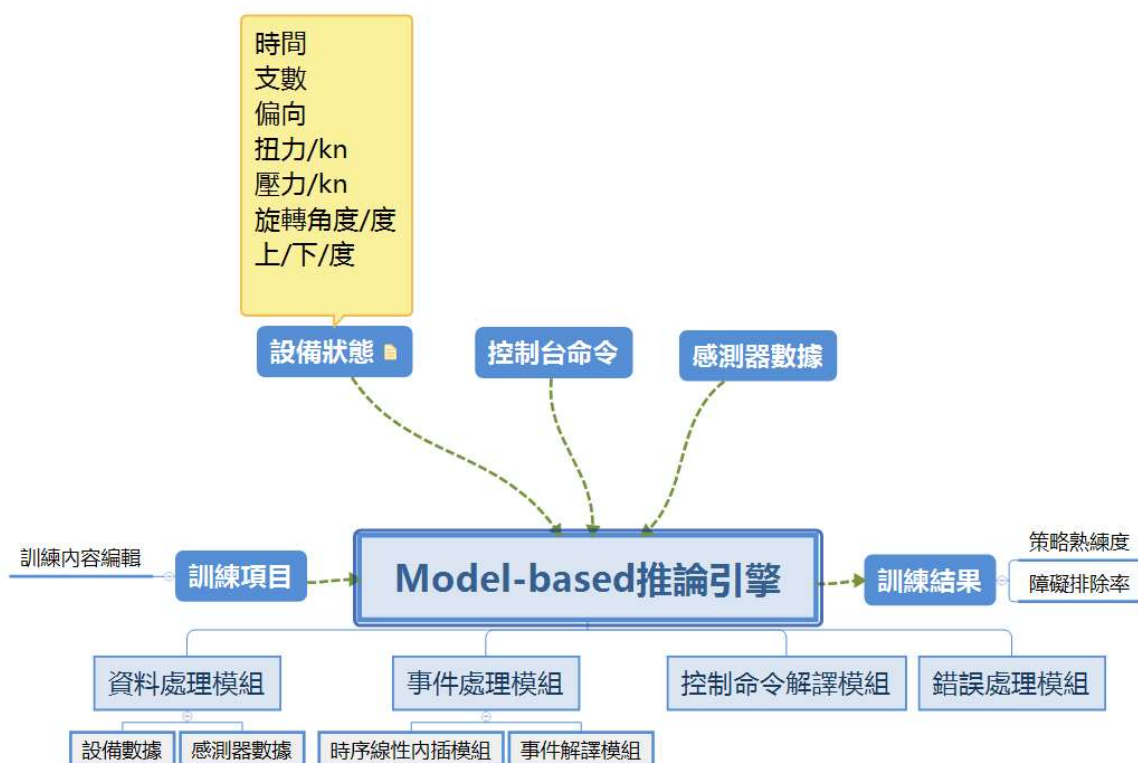


圖 2.5-2 Model-based 推論引擎架構圖

VR 模擬訓練腳本總共有掘進機面盤型式選擇、設備檢查及測試運轉、職安作業、吊管作業以及輸送系統作業。

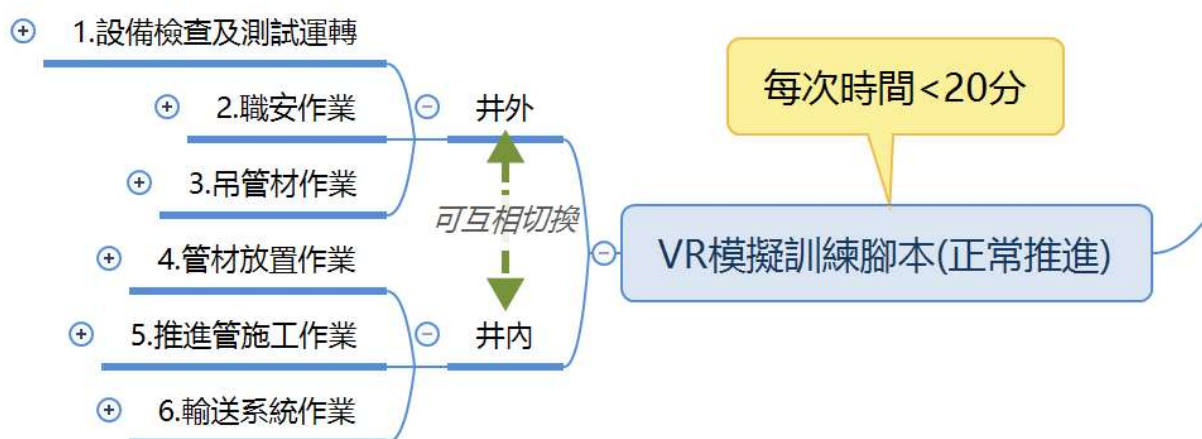


圖 2.5-3 VR 模擬訓練腳本示意圖

2.5.1 設備檢查及測試運轉

設備檢查是推進工作的重要工作，特別是掘進機、油壓機及送排泥裝置的檢查，另外天車的操作悠關人員的安全，更是要詳細檢查的部份。

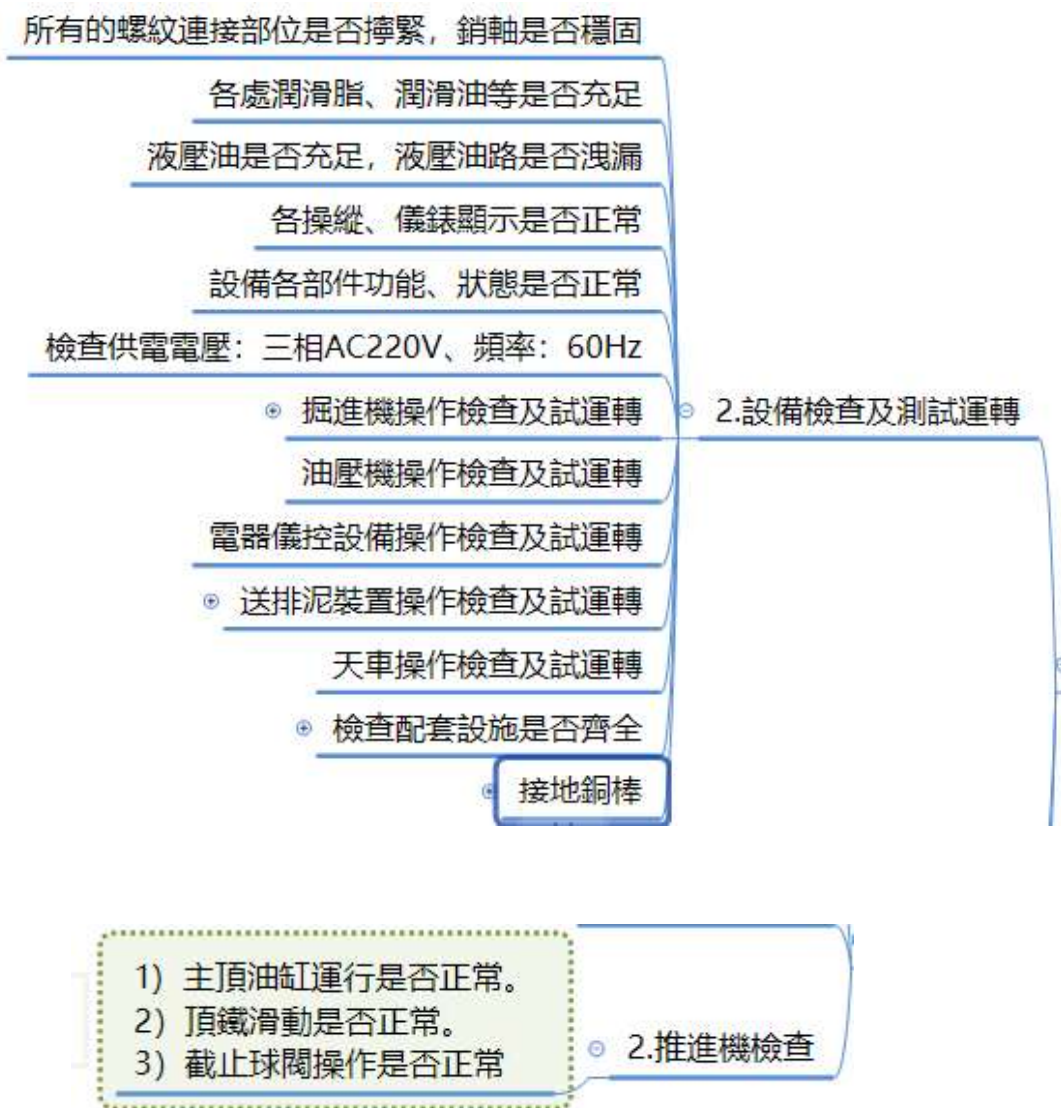


圖 2.5-4 設備檢查及測試運轉/推進機檢查示意圖

2.5.2 職安作業

推進工作現場的主要安全裝置，包括氣體偵測器、消防設備、安全吊索以及安全帽都是需要確認的項目。

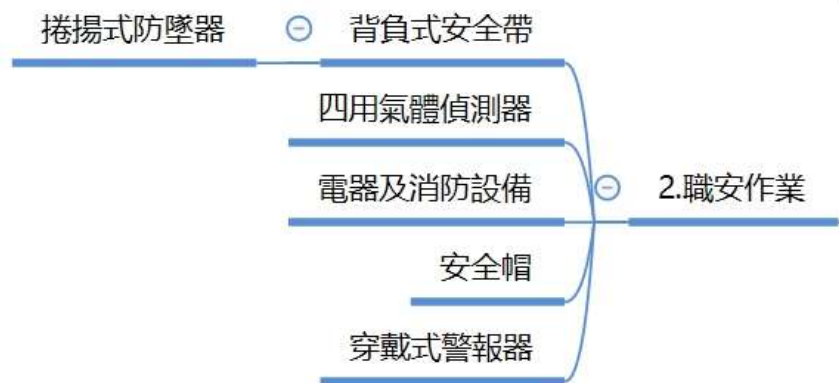


圖 2.5-5 職安作業圖

2.5.3 吊管材作業

吊管作業分為發進井上面的吊勾作業以及發進井內的接管作業，在進行勾管的時候必須先確認布繩的狀況的，以避免布繩斷裂造成危險。在井內的接管手在等待管材吊下來時，必須進到躲至退避設施內側或已完成推進管內以確保安全，並在管材吊到定點後調整方向並做好下溝定位的作業。

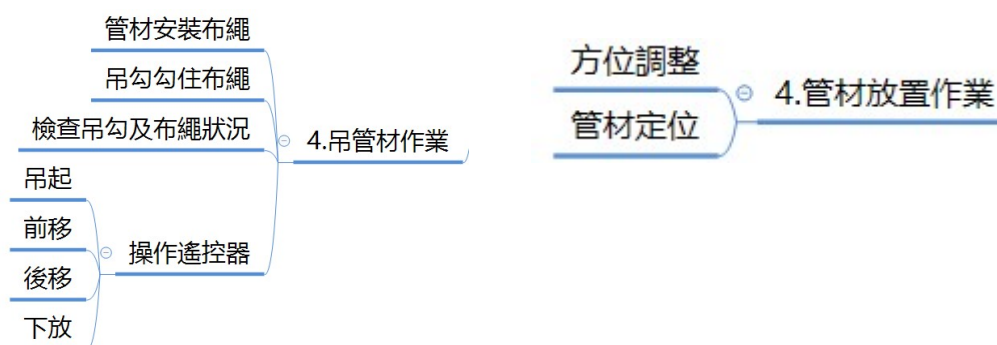


圖 2.5-6 吊管作業/管材放置作業圖

2.5.4 輸送系統作業

在管材置放後，必須進行輸送管線的快速拆裝，包括輸送管線、控制管線、訊息管線等，逐條穿越管材內側並安裝至正確的位置，在完成作業之後進行管線維護及清潔的工作。

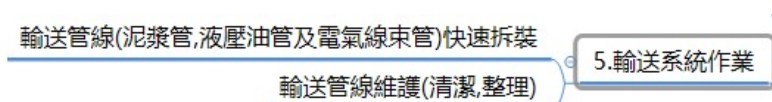


圖 2.5-7 輸送系統作業圖

2.6 推進模擬控制台腳本說明

本推進模擬控制台包括三個螢幕以及控制面盤，三個螢幕由左至右，螢幕 1 會顯示掘進機推進時遭遇不同地質或障礙物的模擬畫面。螢幕 2 即推進設備之整合控制系統顯示畫面，會顯示掘進機行進上下左右方向、推進機的推力、扭力以及出土量等資訊。螢幕 3 則會同步模擬在發進井內的推進設備動作模擬畫面，藉由三個螢幕的同步呈現，讓學員可以更容易掌握推進工作的狀況及學習排除推進障礙的方法。



圖 2.6-1 推進模擬控制台成品圖

推進模擬控制台本身模擬了真實推進控制台在推進時的狀況，其中包括 5 個主要的模擬訓練腳本，分別為控制台介面、設備檢查、開機階段、推進階段以及異常階段等部份，其中除了控制台介面外，每一個項目都各自有延伸的腳本內容，如下圖所示：

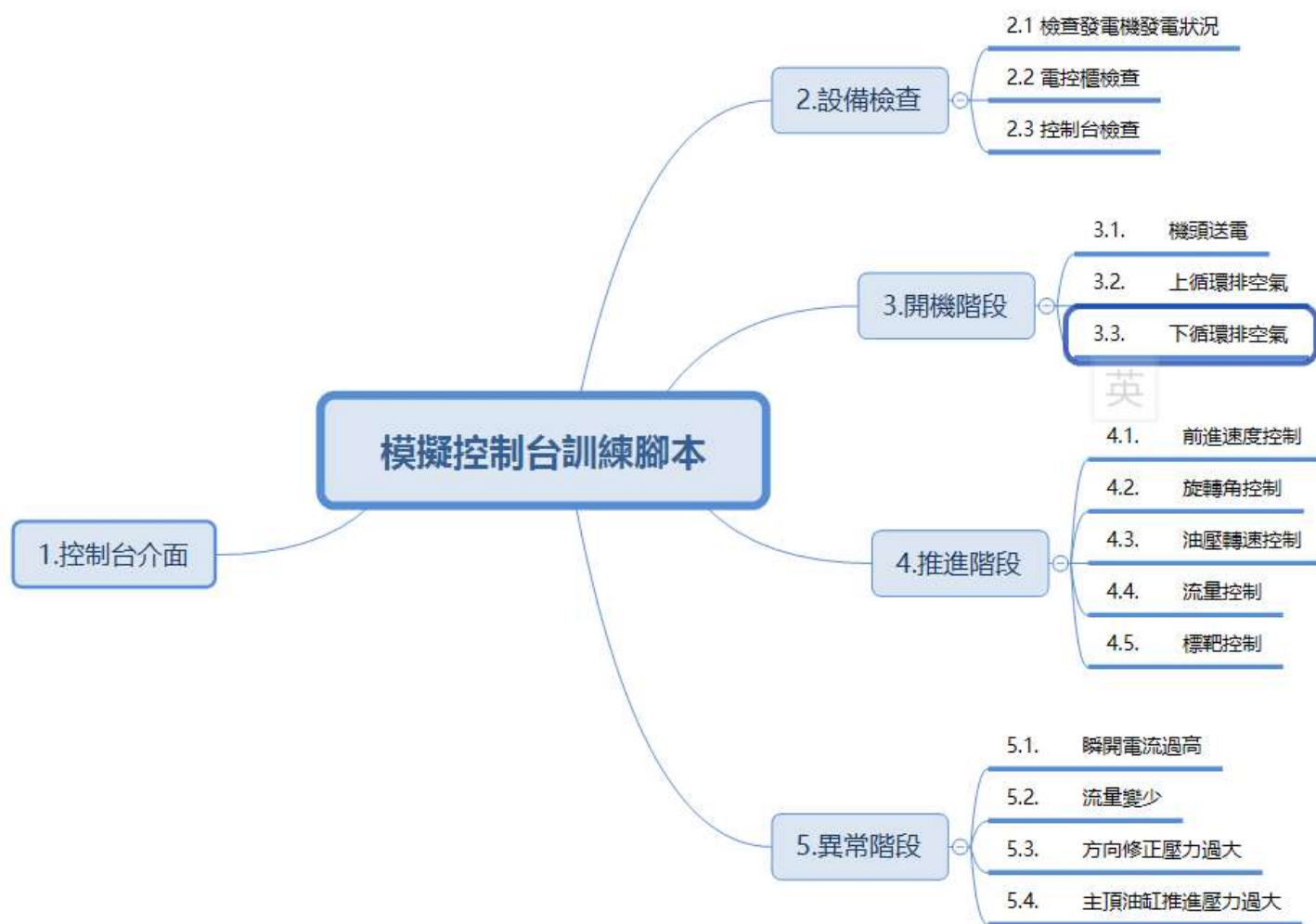


圖 2.6-2 推進模擬控制台訓練腳本

2.6.1 控制台介面

推進模擬控制台的操控介面共包括四個部份，以 A、B、C、D 代表，其中 A 區為旁通閥控制共計有立坑旁通閥、管內外旁通閥以及機內旁通閥，另外還有刀盤電機的控制。B 區為糾偏方向修正按鈕，共計有上引、上押、左引、左押、右引、右押以及洩壓等 7 個按鈕。C 區為機頭電源、警報復歸以及主頂油缸控制權切換以及前進後退等控制按鈕，因本系統為短小管直線推進，故不會用到中押按鈕。D 區則包含了送泥泵浦、排泥泵浦以及主頂泵的轉數旋鈕。

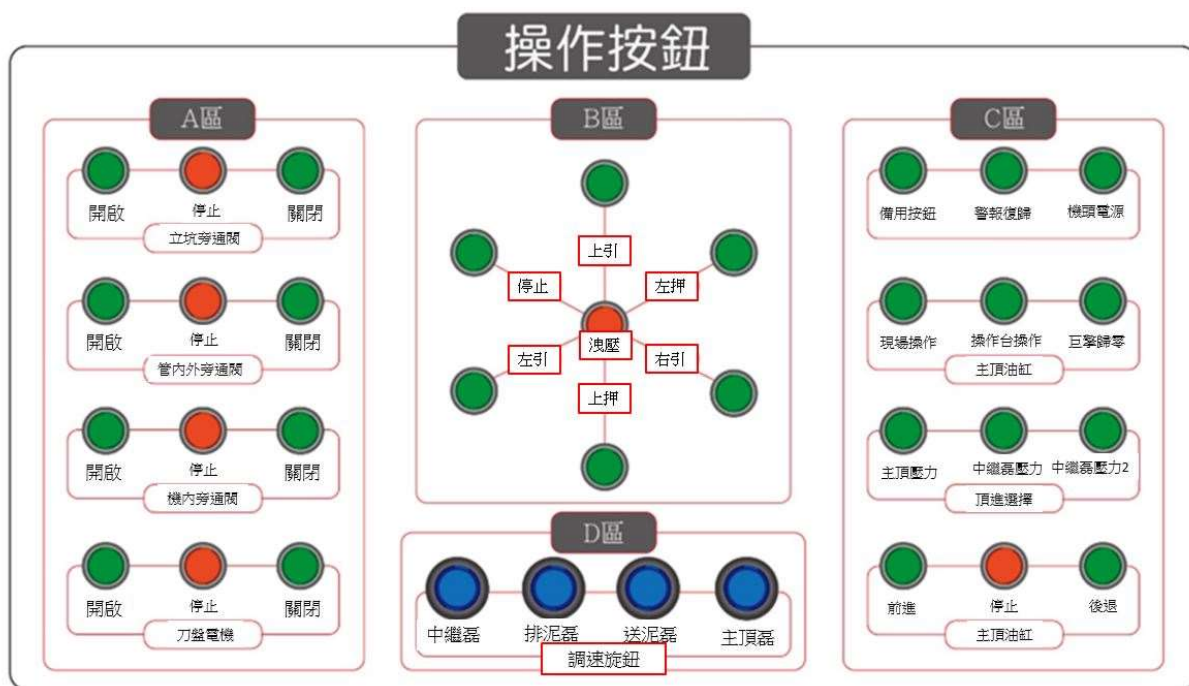


圖 2.6-3 推進模擬控制台控制面盤

2.6.2 設備檢查

檢查發電機發電狀況，電壓 220v、頻率 60Hz、電流依運作呈現，於畫面上出現這 3 種數值的儀表板以及確認是否正常的按鈕，如果數值正常則按下正確的按鈕，反之則按下錯誤的按鈕。



圖 2.6-4 設備檢查腳本畫面

2.6.3 開機階段

推進模擬控制台的開機階段包括機頭電源控制、立坑旁通閥、機內旁通閥以及送排泥泵的控制。其訓練模式分為有提示及無提示兩種，在有提示的模式下，訊息面盤上會有提示內容，學員只需依照提示操作即可。

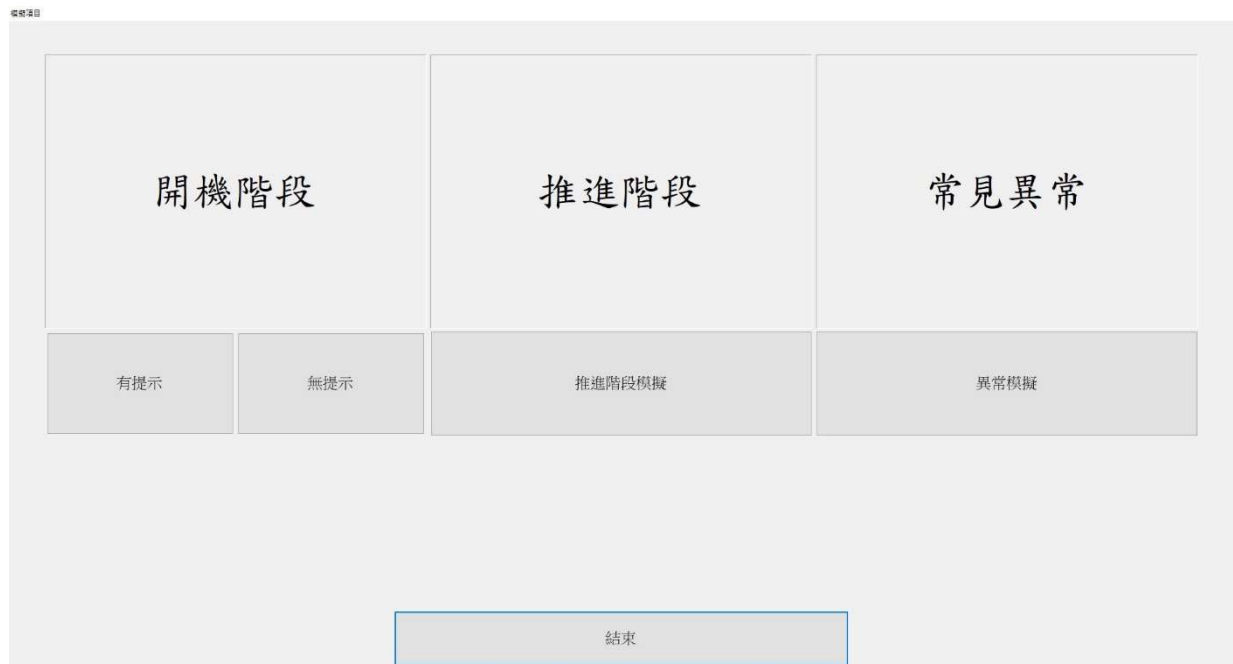


圖 2.6-5 模擬訓練類型

2.6.4 推進階段

在推進階段主要包括前進速度控制、旋轉角控制、電流控制、流量控制以及標靶控制等五種訓練腳本，同樣的每個腳本都包含有提示跟無提示兩種模式。



圖 2.6-6 推進階段模擬訓練腳本

2.6.5 異常階段

異常階段的模擬訓練包括瞬開電流過高、流量變少、方向修正壓力過大以及主頂油缸推進壓力過大等四個腳本，同樣包含有提示及無提示兩種模式。

FormErrorProjectSelect

瞬開電流過高		流量變少		方向修正壓力過大		主頂油缸推進壓力過大	
有提示	無提示	有提示	無提示	有提示	無提示	有提示	無提示

結束

圖 2.6-7 異常階段模擬訓練腳本

2.7 系統需求說明

➤ 硬體需求：

表 2.7-1 系統硬體需求

功能	硬體項目	規格	數量
虛擬實境模擬	液晶螢幕	解析度：1920*1080 裝置連接槽：HDMI、USB2.0、耳機 聲音輸出	1
	可攜式 電腦	處理器：Intel® Core™ i7-7700HQ 或 同功能等級以上 記憶體：32GB DDR4-2133 或同等級 以上 顯示晶片：NVIDIA GeForce GTX1070 GDDR5 8GB 或同等級以上	1
	虛擬實境 頭盔	HTC Vive 頭顯裝置：含空間定位裝 置、搖桿裝置	1
推進模擬控制 台	電腦主機	處理器：Intel® Core™ i7-7700HQ 或 同功能等級以上。 記憶體：32GB DDR4-2133 或同等級 以上 顯示晶片：NVIDIA GeForce GTX1080 GDDR5 8GB 或同等級以上	1
	液晶螢幕	解析度：1920*1080 裝置連接槽：HDMI、USB2.0	3
	機構平台	按鍵、操縱桿及音效裝置	1

➤ 軟體需求：

表 2.7-2 系統軟體需求

軟體項目	規格	數量
作業系統	Window 10	2
開發軟體	Unreal engine or Unity 3D	2
	Visual studio 2017	2
3D 模型軟體	3ds Max 2018	1
數位內容素材	VR 虛擬場景素材	1
	系統軟體圖庫	1

2.8 系統光碟片檔案架構

本系統之光碟片架構如下圖所示，其中包括期末報告以及推進模擬控制台主程式、虛擬實境模擬訓練系統之主程式以及虛擬實境模擬訓練影片檔。

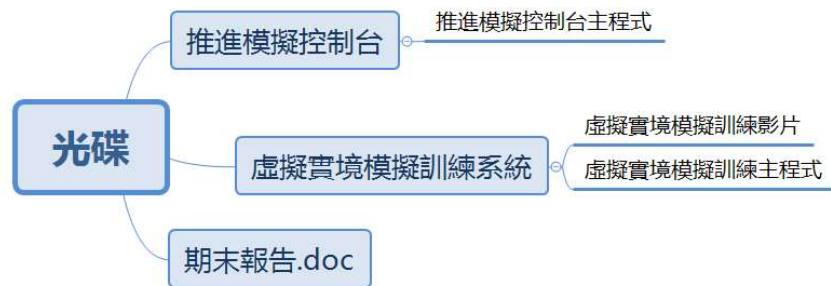


圖 2.8-1 光碟片檔案架構示意圖

第三章 虛擬實境模擬訓練系統

3.1 虛擬實境模擬訓練系統簡介

本虛擬實境模擬訓練系統以泥水推進模式為主要訓練內容，分為 VR 模擬訓練以及模擬控制台訓練兩種模式。第一種 VR 模擬訓練，學員透過配戴 VR 頭戴顯示器，進行設備檢查及試運轉、職安作業以及體驗發進井工作訓練如管材之搬運移動、吊管、下溝、管線處理等工作井內的推進作業內容，藉由虛擬實境的方式讓學員體會下水道推進的工序，以加速了解整個作業的流程。

由於虛擬實境的成像原理是透過主機對虛擬物件高速運算的結果，因此必須使用效能足夠的機器才能確保影像的品質，在高畫質、高更新率以及高解析度的要求下，我們採用的是國內 HTC Vive Pro 的虛擬實境頭顯裝置如下所示，其整組配件除了頭顯裝置外還有定位控制器 Light-House、感應手把以及手勢辨識器 Leap Motion。在本系統裡感應手把是用來進行空間定位及環境規劃使用，在模擬訓練時並不會用到。



圖 3.1-1 HTC Vive Pro 虛擬實境套件組

3.2 虛擬實境模擬訓練系統架構

本虛擬實境模擬訓練系統架構如下圖所示，包括虛擬實境主機以及背附式頭顯設備，各分為 Server 以及 Client 兩種身份，其中訓練腳本(Training Script)以及虛擬實境所需要的虛擬攝影機、虛擬人物及物件是在主機運算，並將虛擬物件、物件狀態等等資訊與 Client 同步溝通。

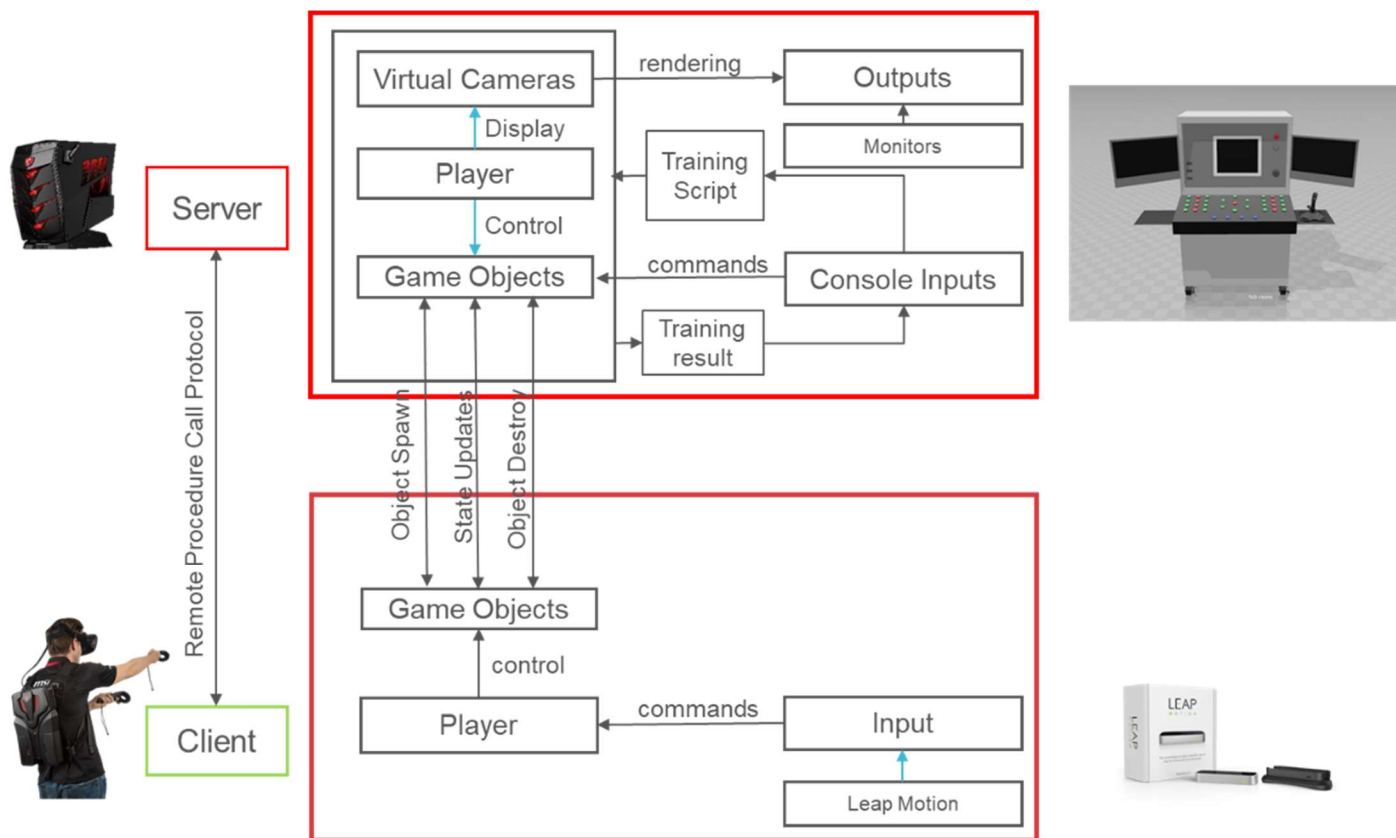


圖 3.2-1 虛擬實境模擬訓練系統架構圖

Client：使用者

Server：主機

Virtual Camera：虛擬攝影機，用於模擬使用者在虛擬空間裡的觀看視野。

Player：使用者在虛擬空間裡的虛擬人物。

Game Objects：虛擬空間裡的物件，例如推進台、管材等等。

Input：使用者在虛擬空間的互動界面，例如虛擬手勢。

Console Input：推進模擬控制台的互動界面，例如方向按鈕、旁通閥的按鈕等。

Training Script：模擬訓練腳本。

3.3 虛擬實境模擬訓練空間規劃

本虛擬實境模擬訓練在虛擬空間裡放置下水道推進的場景及相關設備，因此需要至少 $3 \times 4 = 12$ 平方公尺的區域才能正常使用，否則一旦在虛擬實境裡移動或操作越過此範圍，有可能會造成空間破碎扭曲的視覺感受，空間劃製的方式請參閱 HTC Vive 空間規劃的說明方式，如下圖描繪所示：

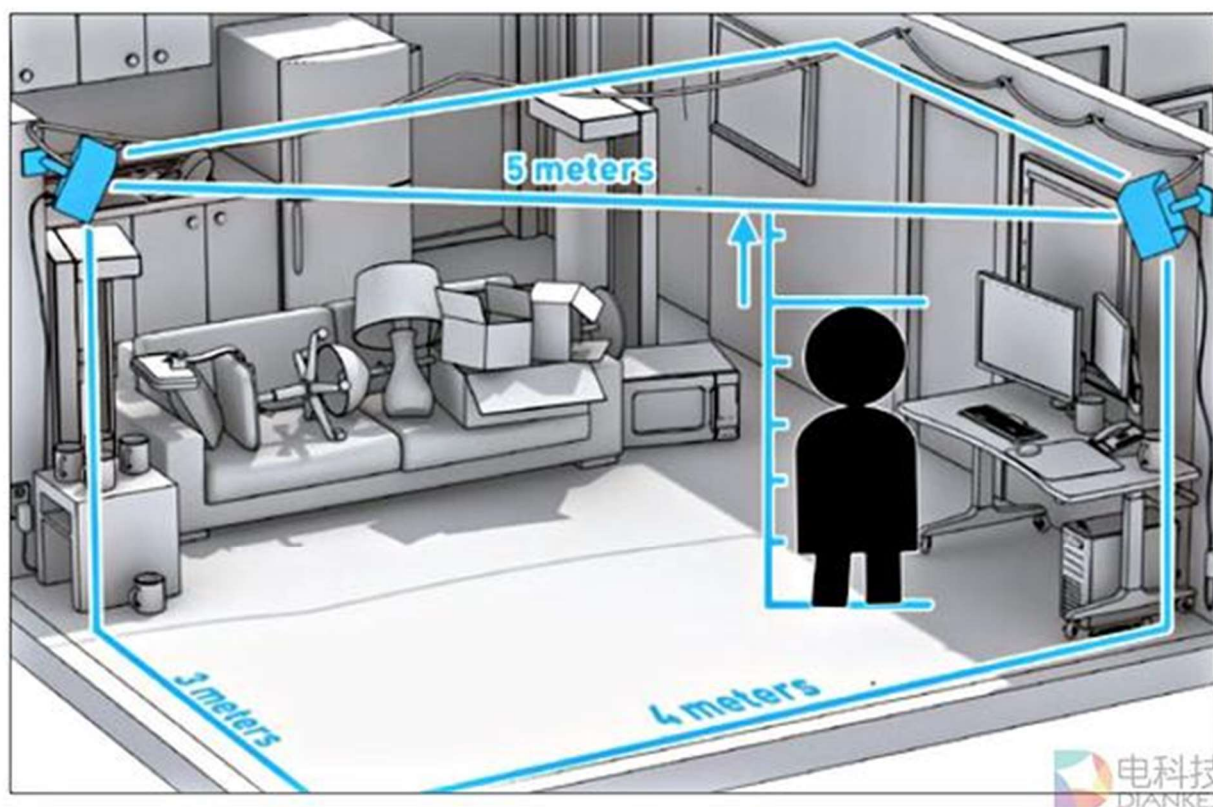


圖 3.3-1 虛擬實境模擬訓練定間定位示意圖

資料來源：HTC 官網

執行 HTC VR 空間定位功能後，按住手把的按鈕並拿著手把環繞要體驗 VR 的空間，即可完成空間定位，目前體驗 VR 空間的所需大小及最大定位範圍依使用定位器不同，詳細 HTC Vive VR 使用方法及更新資訊，請參閱官方網站 <https://www.vive.com/tw/>。

3.4 下水道設備及模型介紹

下水道推進作業所需之設備如下圖所示包括控制台、掘進機、發進機、發電機、篩石機、門型吊車以及相關管材等，為了讓虛擬實境的模型可以更擬真，故必須儘可能的依據實際設備的真實尺寸來製作 3D 模型，除了影像的擬真外還需要考量聲音以及光影對模型的影響，特別是當人員身處於工作井內，在狹小的局限空間裡作業的壓迫感以及聲音、光影等配合而感受到真實作業的環境。



圖 3.4-1 下水道推進工程常見設備圖

以下為下水道推進實作之設備模型圖包括控制台、電控櫃、發進機、篩石機、掘進機以及控制室。

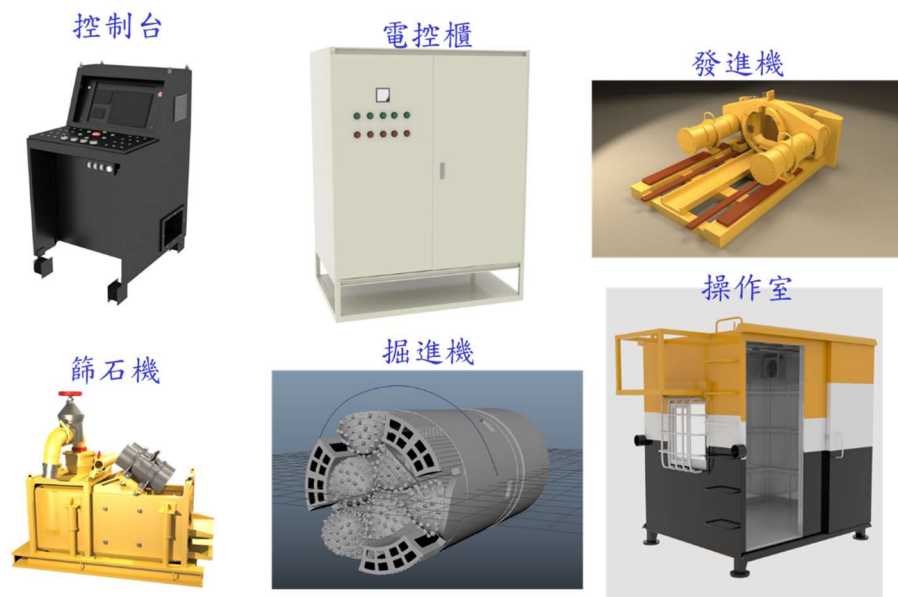


圖 3.4-2 虛擬實境設備模型圖

3.5 虛擬實境互動方式介紹

本系統的互動方式主要有兩種類形，一種是利用雙手如下圖左，使用者配戴頭顯裝置後，經由頭顯上的手勢辨識模組，便可以看到雙手呈現在眼前的樣子，此時可以用手直接去對虛擬物件進行互動，像是把虛擬的安全帽拿起來或是操作天車控制器的按鈕等，由於用實體的手去觸碰虛擬物品並不會有碰觸感，故此部份需要使用者多感受雙手與虛擬物件在空間中碰觸結合的視覺感受。另一種模式則是用眼睛去直視虛擬物品的互動方式，此類的互動主要是在強調使用者必須去找尋以及檢查某物物品，例如眼睛看到氣體偵測器如下圖右，氣體偵測器模型上會出現掃描百分比的警示訊息，也就是使用者必須注視一段時間後才算完成該動作，在職安場景內使用者必須透過此檢查模式去注視職安的設備以及工作規範。



圖 3.5-1 虛擬實境互動方式示意圖

3.6 虛擬實境訓練腳本說明

虛擬實境訓練腳本總共有六個主要場景，分別為下水道場景介紹、職安作業、吊管材作業，管材放置作業、推進管施工作業以及輸送系統作業，其中又區分為工作井外以及工作井內的場景。考量使用虛擬實境可能暈眩的問題，故每個場景的操作時間最長不超過 20 分鐘。

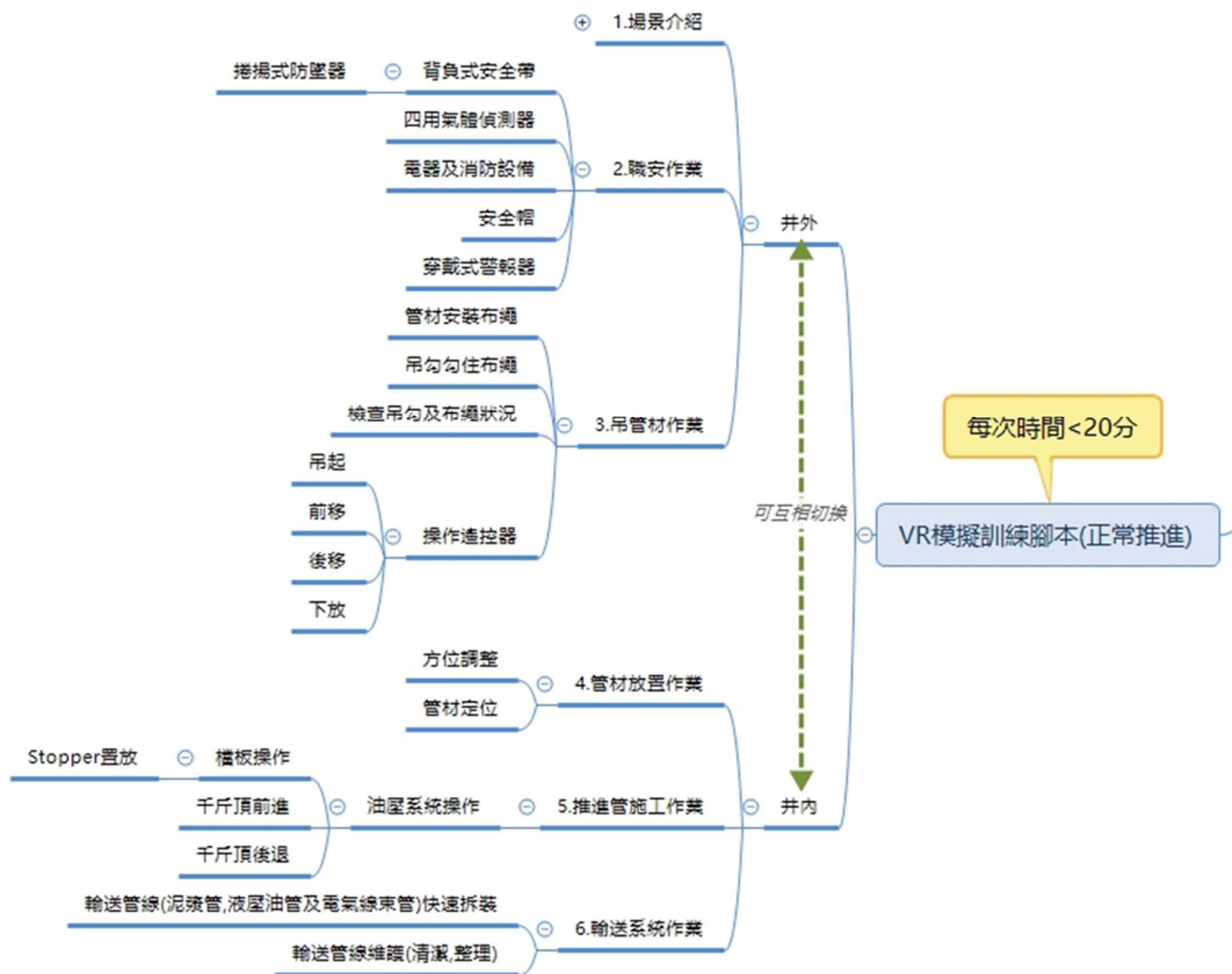


圖 3.6-1 虛擬實境訓練腳本示意圖

3.7 啟動畫面說明

當使用者完成虛擬實境空間規劃以及配戴必要的頭顯裝置以及手勢辨識模組之後，啟動系統主程式會先進到一個類似教室的場景，教室內會出現 VR 下水道模擬教學系統的觀迎告示牌，使用者可舉起雙手並觀看場景四週的內容，會有桌椅、水族箱、黑板及時鐘等等。



圖 3.7-1 系統啟動畫面

使用者按下歡迎告示牌的啟動按鈕，即會看到另外 6 個按鈕，各代表著本系統的 6 個主要場景，包括職安作業、推進管 Stopper 作業、吊管作業(內含接管作業)、輸送系統作業、設備檢查(含下水道場景介紹)以及掘進機選擇等場景，當每個場景完成後會出現綠色打勾的圖示以及所花費的時間，如下圖所示。



圖 3.7-2 模擬訓練腳本選單畫面

3.8 職安作業場景

在進入職安作業場景時會先出現職安物品的說明，如下圖左上所示，系統會說明如安全帽、防墜繩、滅火器及氣體偵測器等等的設備使用方法。之後會進入到工作井外的護欄後面，此時會看到一張桌子以及安全帽跟反光背心，此設計是為了提醒使用者必須先配帶安全帽以及反光背心才能進入護欄內。一旦使用者配帶好後便會進入到護欄內，在護欄內時，使用者必須逐一檢查氣體偵測器、醫療箱、滅火器以及排風管等安全設施，此外也需要把氣體偵測器、生命偵測器、背附式安全帶以及防墜繩，透過手勢去拿取並送往身上。假如沒有繫上防墜繩，當移動到工作井邊時會發生墜落井底的事故，使用者會體驗高處墜落的感受，藉此讓使用者了解配帶防墜器的重要性。

職安物品說明



模擬場景



配戴項目：

安全帽
反光背心
氣體偵測器
生命偵測器
背負式安全帶
防墜器

檢查項目：

滅火器
急救箱
排風管
人員進出管制牌



未配帶防墜器，會有墜落的危險





檢查氣體偵測器並裝配



配戴生命偵測器



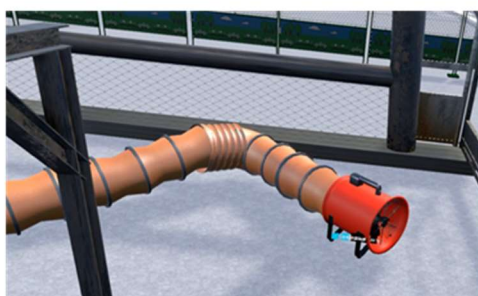
裝備防墜器



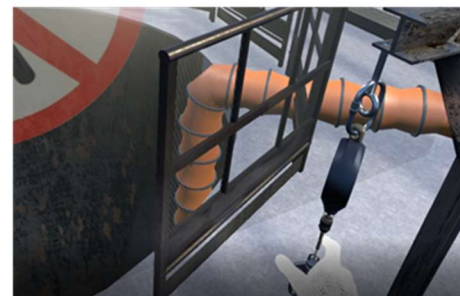
檢查滅火器



檢查醫藥箱



檢查通風設備



裝備防墜繩

圖 3.8-1 職安作業場景畫面

3.9 Stopper 作業場景

Stopper 又稱為擋板、馬蹄鐵，其是依附在千斤頂上，會來控制千斤頂推進的距離，特別是在進行換管作業時，必須藉著擋板的移動來讓千斤頂的位置改變，讓新的推進管可以放置在對的位置。在進到場景時一樣會先出現擋板操作的說明如下圖左上角圖示所示，在完成說明後，使用者會聽到環境聲音以及系統說明的聲音，透過千斤頂控制器如下圖左下所示，讓千斤頂可以前進或後退，然而千斤頂的移動位置需要結合擋板的位置，故使用者需拉取代表擋板的藍色區塊如下圖右下所示，用手握住藍色區域並將擋板拉移至紅色區塊，並依照指示控制千斤頂前進或後退，便能完成此項操作演練。此場景可讓使用者學習擋板控制的順序，以及千斤頂控制器的操作，是接管手在推進作業裡極為重要的一項工作演練。

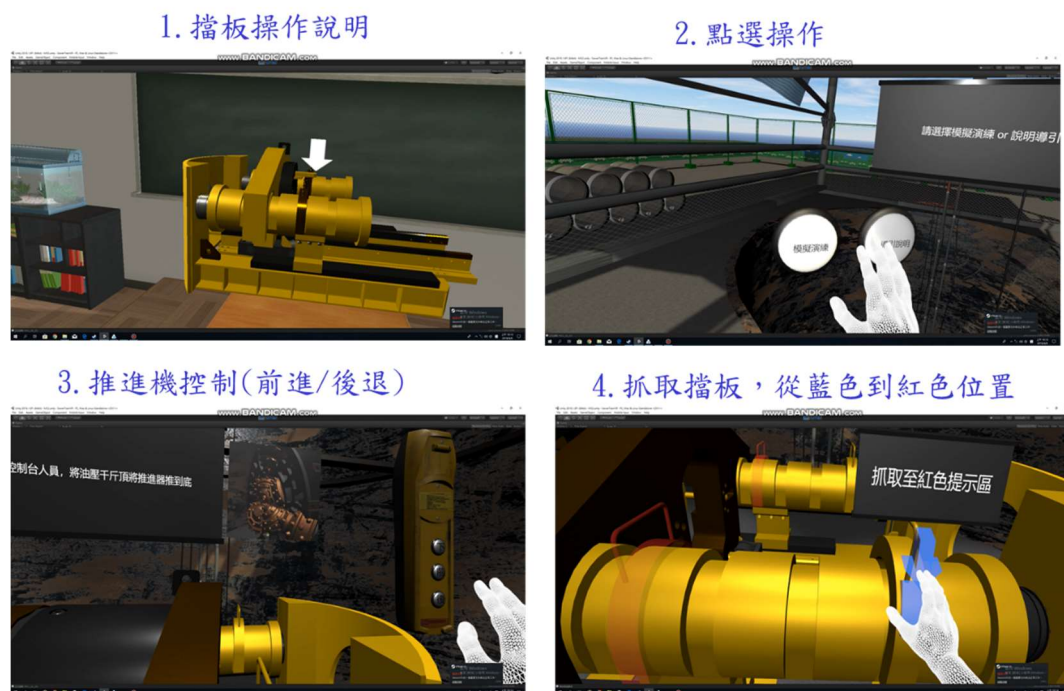


圖 3.9-1 千斤頂推進作業(Stopper)場景畫面

3.10 吊管及接管作業場景

吊管及接管是接管手在處理管材時常做的工作項目之一，在吊管材的時候，布繩的妥善狀況是一個很重要的考量因素，因此在此場景的內容裡首先必須先進行布繩的檢查，在兩個布繩中去選擇沒有缺損的布繩如下圖左上的圖示，之後利用天車控制器的上、下、東、西按鈕來控制天車前進方向，使用者必須注視天車上的方向引導文字，例如有一面印著”西”代表該面是朝西的方向，此時按控制器上的”西”按鈕，天車便會緩緩往西邊前進，在天車移動到使用者面前時再按”下”按鈕，緩緩將吊勾放下去勾住地上的管材，再按”上”鈕，緩緩將管材吊上，待一定高度後再按下”東”將管材吊移入工作井裡，之後再按”下”鈕，緩緩將管材垂吊入井內。

當管材垂吊入井內，此時場景會切換到工作井內，此時使用者可以抬頭注視管材正從上緩緩垂吊下來，使用者需移動到退避設施下方，地上會顯示紅色與綠色區域，紅色為危險，綠色為安全，等待管材垂吊下來。一旦管材垂吊到發進機上面時，由於會產生方向的偏差，因此使用者需伸出手來將偏差的管材推正，如下圖右下所示，管材在慢慢被推正之後，使用者再按住控制器的”下”按鈕，完成吊管作業。

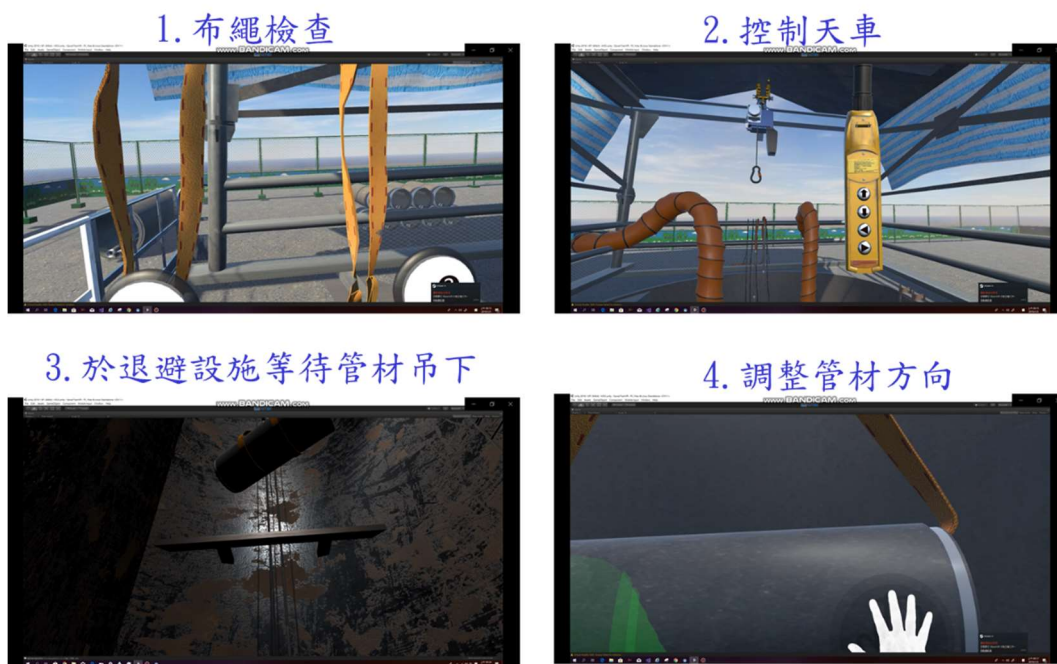


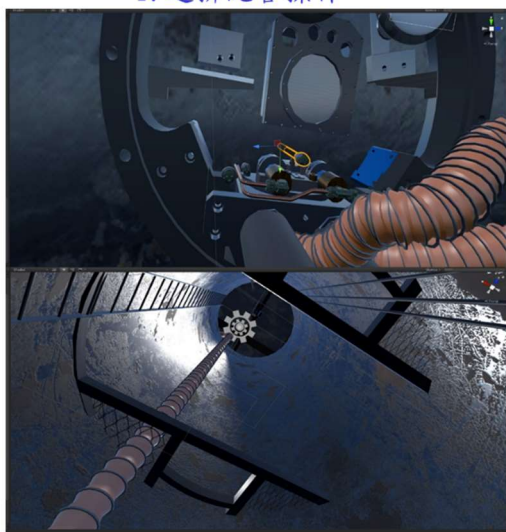
圖 3.10-1 吊管作業場景畫面

3.11 輸送系統作業場景

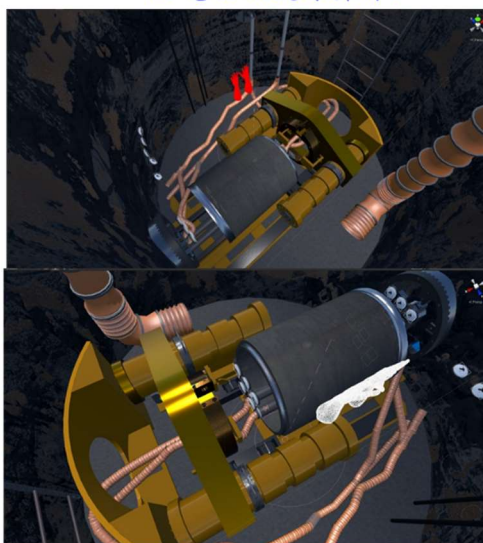
輸送系統作業場景主要是在換管時，必需將送排泥管、紅龍管、電器線、油壓線以及攝影線進行快速切換的場景。由於上述的管線都必須繞進推進管裡，且有各自配對的接線頭，因此在快速拔插的過程中，必須照著對應的管線來操作，舉例來說如果現在操作的是油壓管的線，在拔掉油壓管後，接下去插的也只能是油壓管，利用這樣的模式讓使用者可以熟記拔插的步驟以及相對應的位置，避免搞錯。

在換管的階段進行輸送系統的作業，包含三種電器訊號的接法、送排泥管的接法以及紅龍管的接法

1. 送排泥管操作



2. 電器訊號線操作1



3. 電器訊號線操作2

2. 紅龍管操作

圖 3.11-1 輸送系統作業場景畫面

3.12 設備檢查作業場景

設備檢查作業場景會逐一引導使用者從工作井、掘進機、推進機、控制台、電控櫃以及篩石機等下水道推進工作所必要的相關設備介紹及檢查要領。此場景主要在讓使用者能夠快速地熟悉下水道場景以及相關設備的擺設及彼此間的關係。

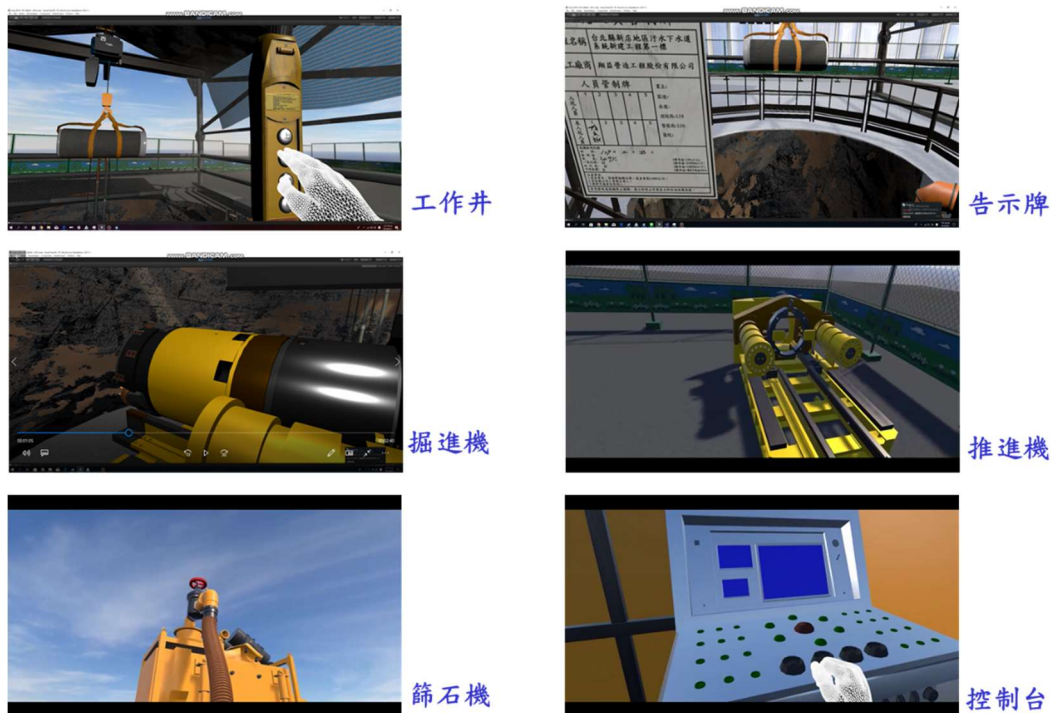


圖 3.12-1 設備檢查作業場景畫面

3.13 掘進機選擇場景

此場景模擬不同地質的結構特性，讓使用者了解不同地質以及掘進機頭的對應關係，主要有四種不同的地質包括砂質土、礫質土、卵礫石以及岩盤，各有不同的 N 值範圍以及礫石含量比率，使用者可用手抓取掘進機頭並放置在正確的地質上，以代表哪些地質需要使用哪種類型的掘進機頭。

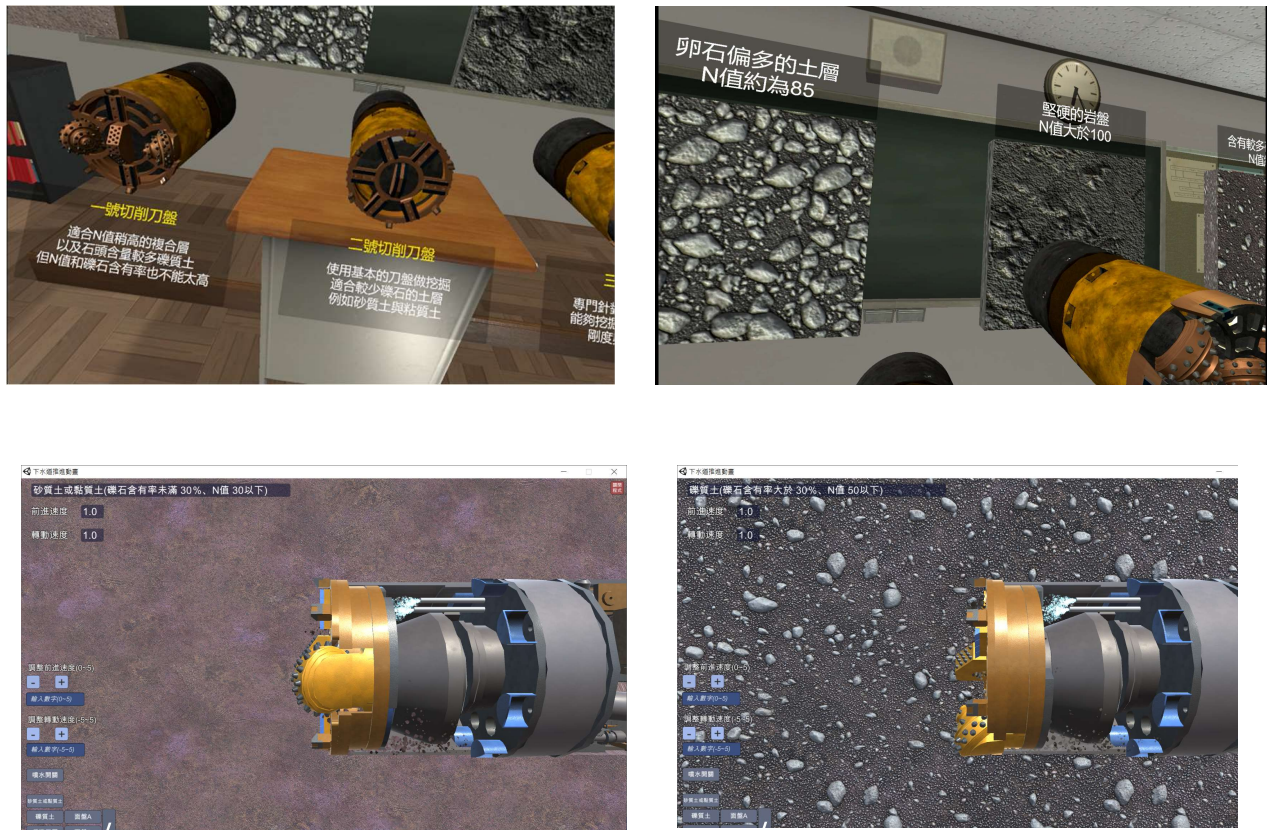


圖 3.13-2 掘進機選擇作業場景畫面

第四章 推進模擬控制台

4.1 推進模擬控制台訓練系統簡介

本推進模擬控制台模擬訓練系統以泥水推進模式為主要訓練內容，學員透過操作實體模擬控制台，學習如何控制推進速度、油壓轉數及送排泥管旁通等操作，並體會數種不同推進障礙如遭遇流木、孤石等狀況去熟悉如何進行推進控制以及障礙排除。為了讓學員可以在學習過程中了解地質對於推進狀況的關聯性，因此推進模擬控制台除了中間資訊面盤外，更在左右兩側加強了二個螢幕，各別呈現掘進機的推進動作畫面以及發進機的動畫，並在右邊螢幕提供出渣物的影片，讓學員得以更清楚推進控制台運作時對其他設備的操作結果。



圖 4.1-1 推進模擬控制台成品圖

4.2 泥水式推進環境介紹

本推進模擬控制台採用的是泥水式的推進工法，其本身是放置於工作井外的工作室內，並模擬連結送泥泵、排泥泵、油壓設備、千斤頂以及掘進機等主要設備，如下圖推進工法示意圖所示。

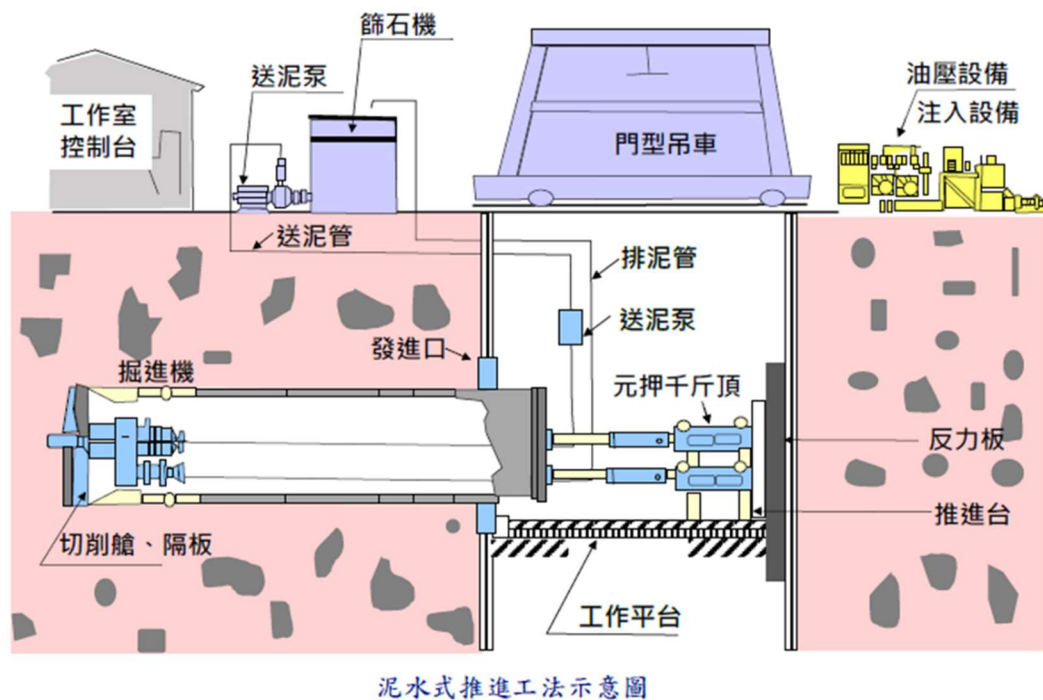


圖 4.2-1 泥水式推進工法示意圖

4.3 Model-based 推論引擎說明

本推進模擬控制台根據推進系統技術手冊所制定的推進設備知識、地質知識以及推進策略，將上述推進知識進行數據化及處理，並依據設備以及地質環境的模擬公式，制定 Model-based 的模擬推論引擎。所謂 Model-based 就是依據某個預先擬定的模型，可能是單一個事件或是數據變化的框架，來進行模擬的推論，舉個例來說，控制台開機程序是一個固定的流程，會有一定模式的操作程序以及數據變化，故可以制定一個模擬開機的模型，也就是 Model，在這個 Model 裡有控制按鈕的操作順序，以及按了按鈕後的數據變化，學員需要依據正確的操作順序，一步一步地完成開機的流程。另一種可能的情形是事件模型，例如在推進過程中可能因為碰觸到堅硬的石頭，所以造成電流瞬間過高，而當電流過高時，依正常程序，必須立即停止主頂油缸，避免在壓力過高下進行掘進而造成設備損壞，故忽然電流變化也是一種 Model。然而，由於真實的推進工作，有些項目例如方向修正、旋轉角調整等等是需要相當長的時間去進行，然而在模擬教學時我們將縮小這些操作的變化時間，也就是用比較快速的方式進行，畢竟方向修正可能需要 1,2 個小時來進行將過於冗長，故我們會將修正時間縮短為在數分鐘內。

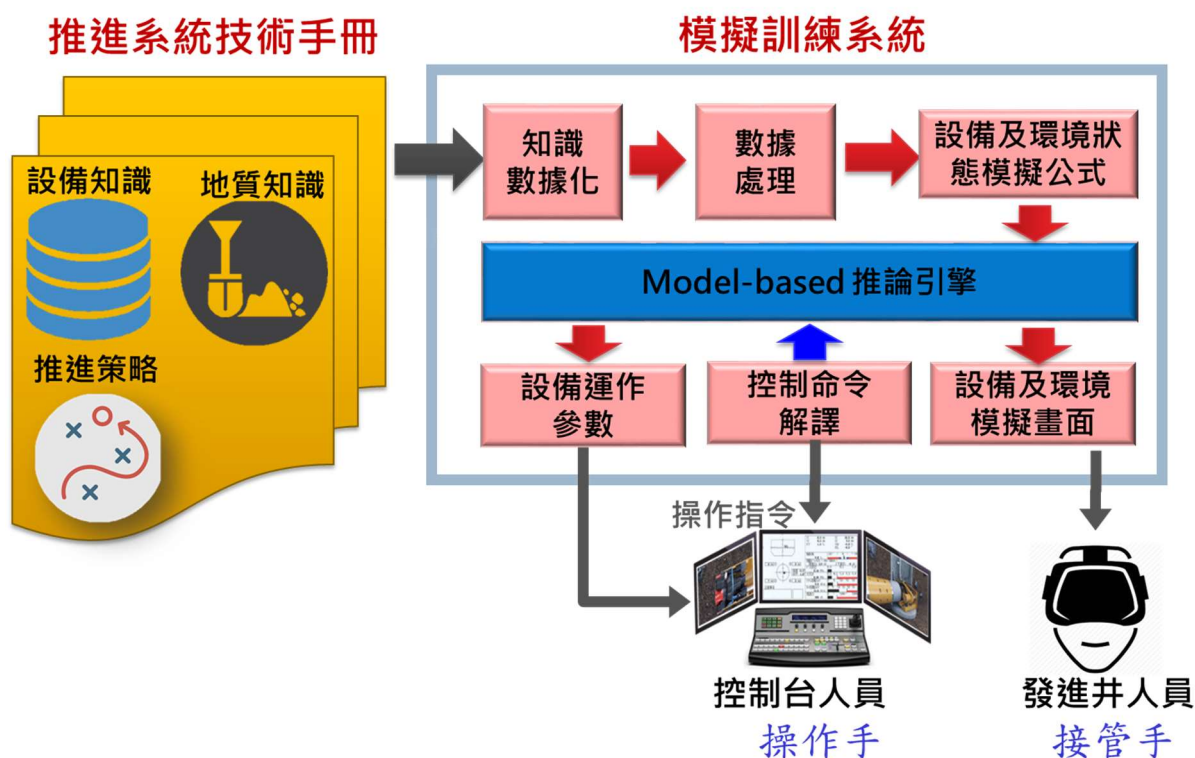


圖 4.3-1 Model-based 推論引擎示意圖

4.4 推進模擬控制台腳本介紹

本推進模擬控制台的訓練腳本，包括控制台介面、設備檢查、開機階段、推進階段以及異常階段五個主要的類型，除了控制台介面的內容外其他的類型都還有往下一階的訓練腳本項目，以設備檢查來說，其中還包括了發電機、電控櫃以及控制台的檢查。開機階段則包含了機頭送電、上循環排空氣及下循環排空氣等程序。而推進階段則包含前進速度控制、旋轉角控制、油壓轉速控制(電流控制)、流量控制以及標靶控制。異常階段則包含瞬間電流過高、流量變少、方向修正壓力過大以及主頂油缸推進壓力過大。每一個腳本都有相對應的操作方式以及數據反應，詳細腳本於後面章節有更詳詳的說明。

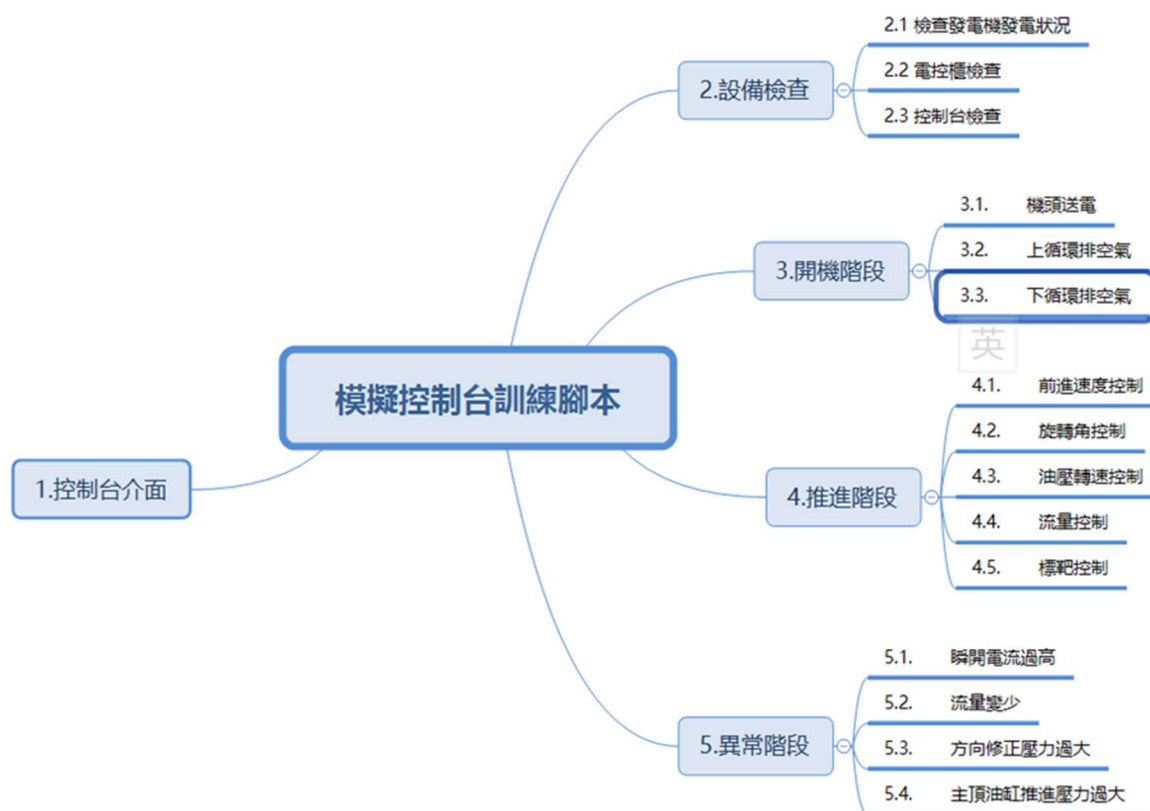


圖 4.4-1 模擬控制台訓練腳本示意圖

4.5 推進模擬控制台資訊面盤介紹

本推進模擬控制台其資訊面盤展現下水道推進時必要的推進數據，包括推進方向、推進管數、掘進機頭相關參數如電流、旋轉角等、送排泥泵轉數以及千斤頂相關參數如油壓轉數、推進速度及推進壓力等。學員必須學會並理解這些數據對推進工作的影響才能夠精準地進行推進。

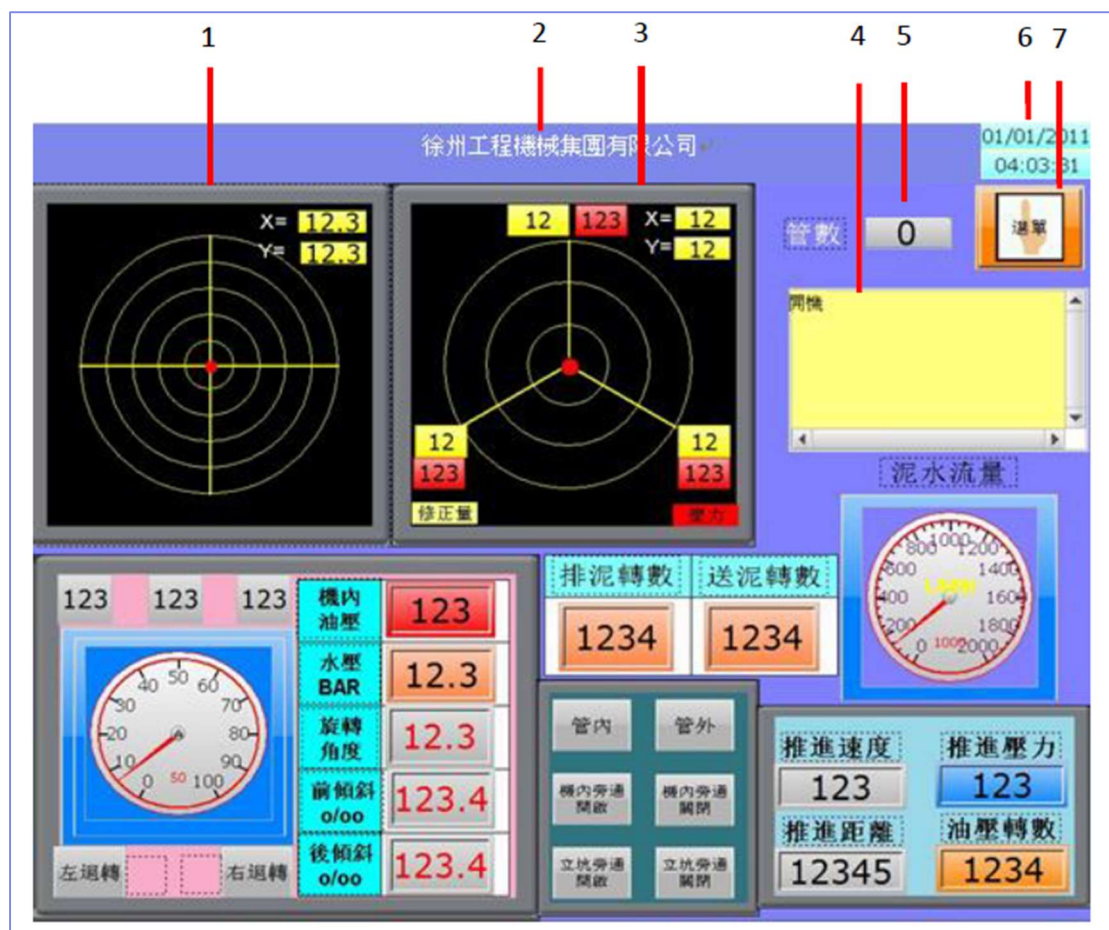


圖 4.5-1 資訊面盤上半部功能對應圖

表 4.5-1 資訊面盤上半部資訊對應表

序號	名稱	功能說明
1	位置顯示區	雷射標靶位置顯示
2	生產廠商	設備生產企業名稱
3	糾偏顯示區	糾偏位移、修正量、壓力顯示
4	資訊顯示區	顯示操作說明
5	管數顯示區	頂進管材數量顯示
6	日期時間顯示區	顯示當前日期、時間
7	選單區	設置頂管機各項參數



圖 4.5-2 資訊面盤下左半部功能對應圖

表 4.5-2 資訊面盤下左半部資訊對應表

序號	名稱	功能說明
1	電流顯示區	刀盤電機三相電流顯示
2	左運轉	當刀盤向左旋轉時，顯示為綠色
3	電流顯示區	刀盤電機電流顯示
4	右運轉	當刀盤向右旋轉時，顯示為綠色
5	機內油壓顯示區	機內泵站壓力顯示
6	水壓顯示區	送泥管路水壓顯示
7	旋轉角度顯示區	左右旋轉角度顯示
8	前傾斜顯示區	糾偏油缸前部殼體相對偏移量顯示
9	後傾斜顯示區	糾偏油缸後部殼體相對偏移量顯示



圖 4.5-3 資訊面盤下右半部功能對應圖

表 4.5-3 資訊面盤下左右半部資訊對應表

序號	名稱	功能說明
1	管內旁通顯示區	管內旁通開啟時，顯示為綠色
2	機內旁通開啟顯示區	機內旁通開啟時，顯示為綠色
3	立坑旁通開啟顯示區	立坑旁通開啟時，顯示為綠色
4	排泥轉數顯示區	排泥電機轉數顯示
5	管外旁通顯示區	管外旁通開啟時，顯示為綠色
6	機內旁通關閉顯示區	機內旁通開啟時，顯示為綠色
7	立坑旁通關閉顯示區	立坑旁通關閉時，顯示為綠色
8	送泥轉數顯示區	送泥電機轉數顯示
9	推進速度顯示區	主頂油缸推進速度顯示
10	推進距離顯示區	頂管施工推進距離總長顯示
11	泥水流量顯示區	排泥泵流量顯示
12	推進壓力顯示區	主頂油缸推進壓力顯示
13	油壓轉數顯示區	主頂泵站電機轉速顯示

4.6 推進模擬控制台控制面盤介紹

推進模擬控制台的控制面盤包括推進作業時主要的控制命令，包括 A 區內含三種旁通閥的切換及刀盤電機的方向控制;B 區內含方向糾偏修正按鈕;C 區內含機頭電源、現場/控制台權限切換及主頂油缸前進後退控制;D 區內含送排泥泵轉數、主頂泵的轉數控制按鈕以及腳踏板。其中為了安全考量，在進行刀盤電機控制以及主頂油缸控制時必須踩腳踏板才能正常運作(停止時不需要踩腳踏板)。而 A 區的旁通閥在切換時必須等待約 5 秒的時間，此為模擬旁通閥實際在切換時必須的機械動作時間。

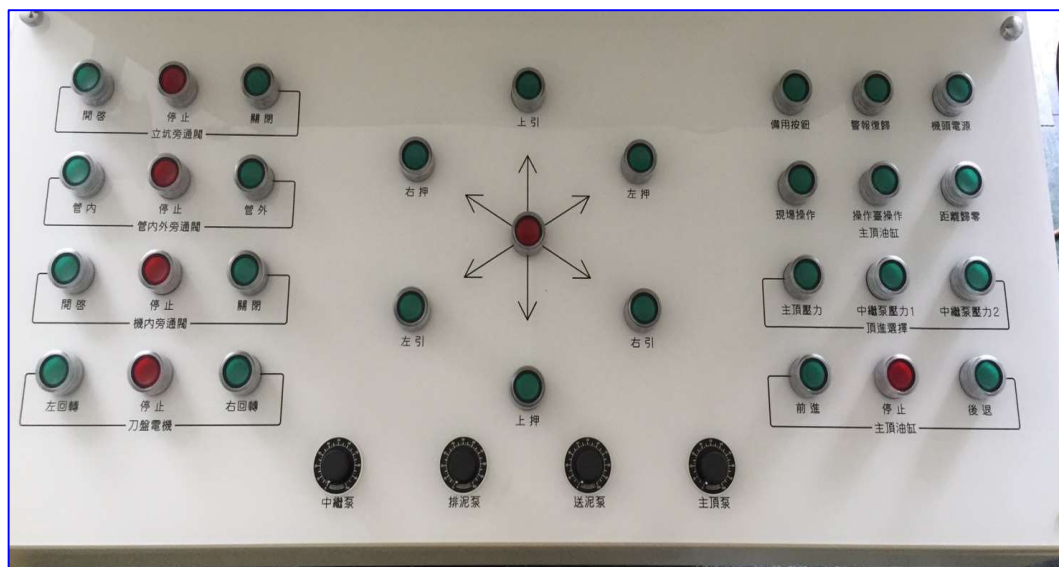


圖 4.6-1 推進模擬控制台控制面盤實景圖

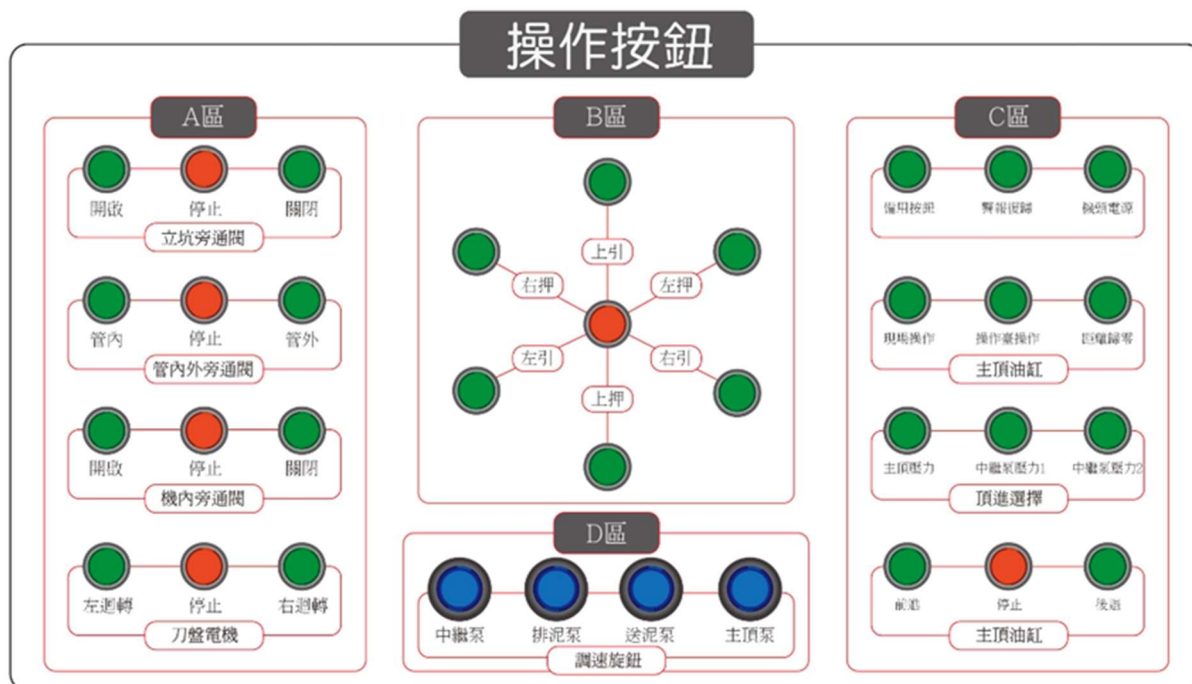


圖 4.6-2 推進模擬控制台控制面盤區域對應圖

控制台的資訊面盤與控制面盤有其對應關係，例如控制面盤的 A 區對應的是資訊面盤各類旁通閥的開啓狀況;B 區對應的是掘進機推進方向以及糾偏修正方向的畫面;C 區對應的是機頭資訊包含電流、機內油壓、水壓及旋轉角度等;D 區則對應千斤頂的油壓轉數、推進速度及推進壓力等。

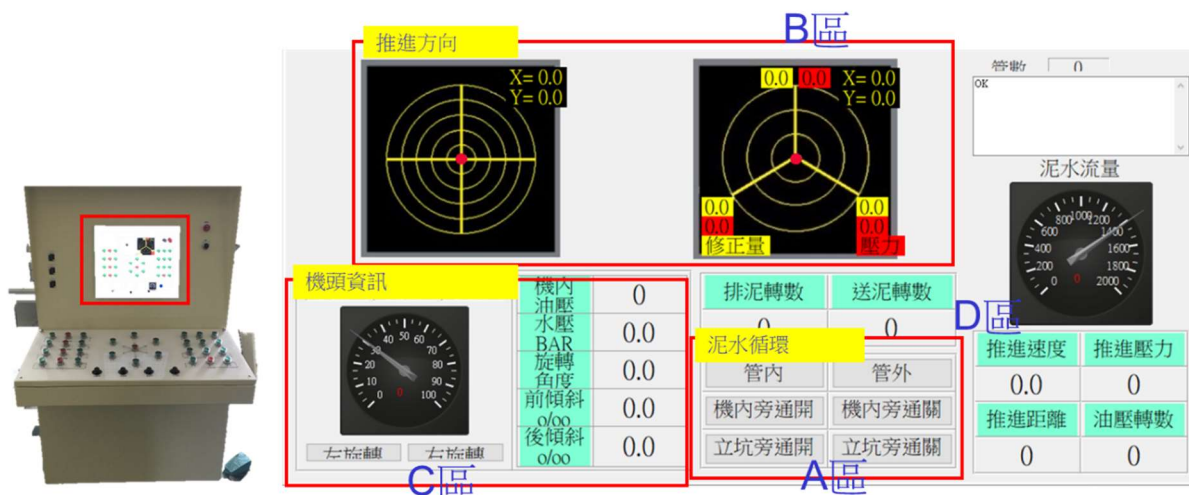


圖 4.6-3 控制面盤區域與資訊面盤對應圖

4.7 泥水循環系統控制說明

泥水循環是泥水式推進工法很重要的一項工作要點，而要進行泥水循環需要進行各種旁通閥的切換，包括立坑旁通閥、管內外旁通閥以及機內旁通閥。其泥水循環共有四種模式，分別為立坑循環(又名上循環排空氣)、泥水機內循環(又名下循環排空氣)、泥水機頭循環(工作循環)以及泥水管外循環。以下說明各種循環模式的詳細內容以及相對應的控制方法

4.7.1 立坑循環

立坑旁通閥是安置於工作井內用來切換從井外送進來的泥水能否通過並流經到掘進機內，以下圖所示

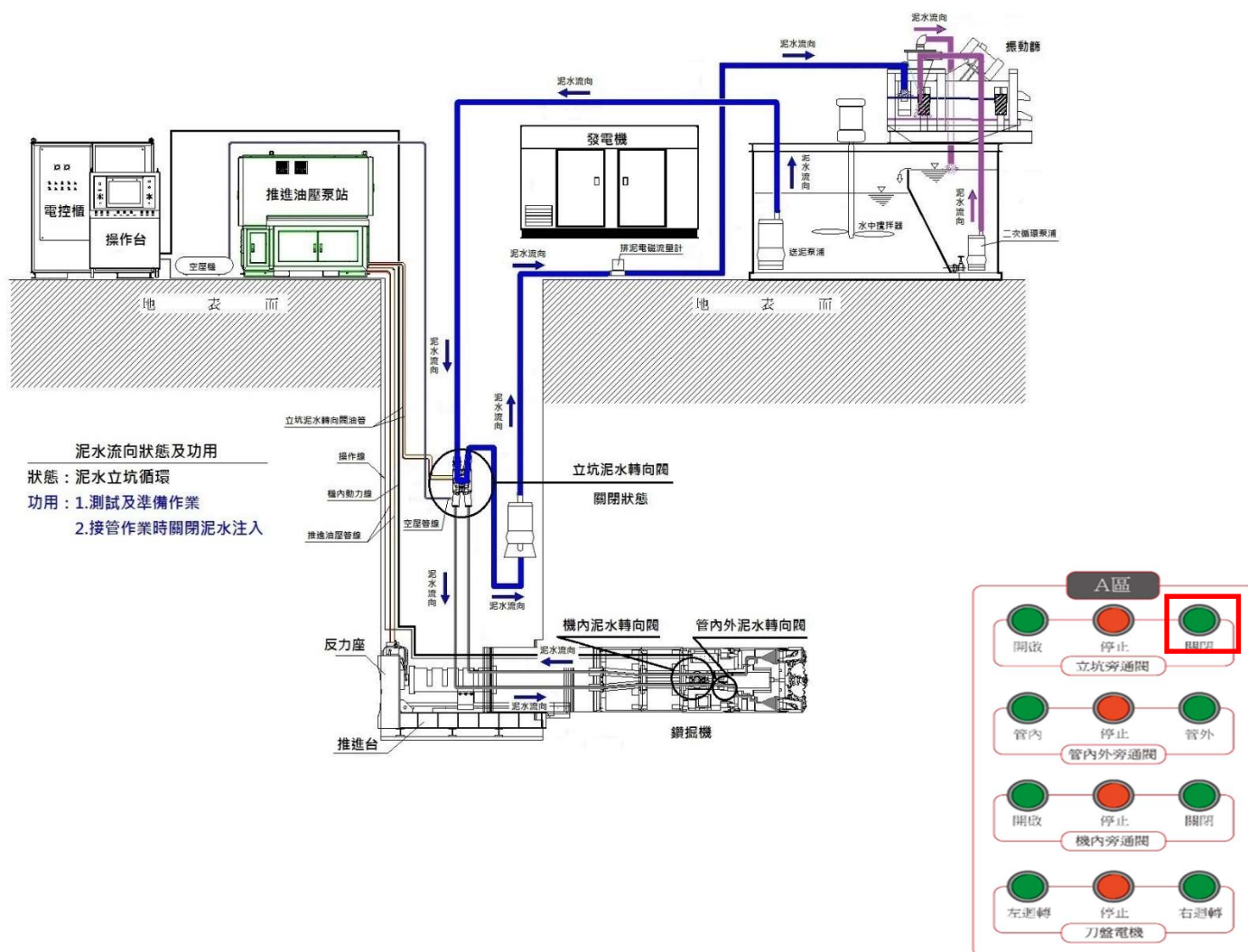


圖 4.7-1 立坑循環示意圖

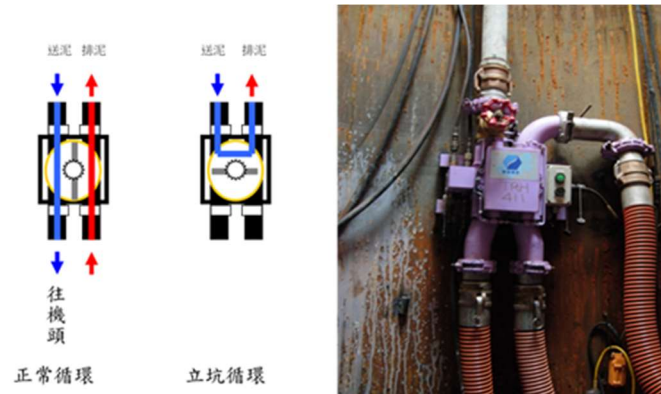


圖 4.7-2 旁通閥切換示意圖

4.7.2 泥水機內循環

泥水機內循環必須開啓立坑旁通閥，並把管內外旁通閥的管內開啓，並將機內旁通閥關閉，一旦處於上述的切換方式，此時泥水會自工作井外流進到掘進機身內，但此時泥水還沒有流經切削刀盤機頭的位置。

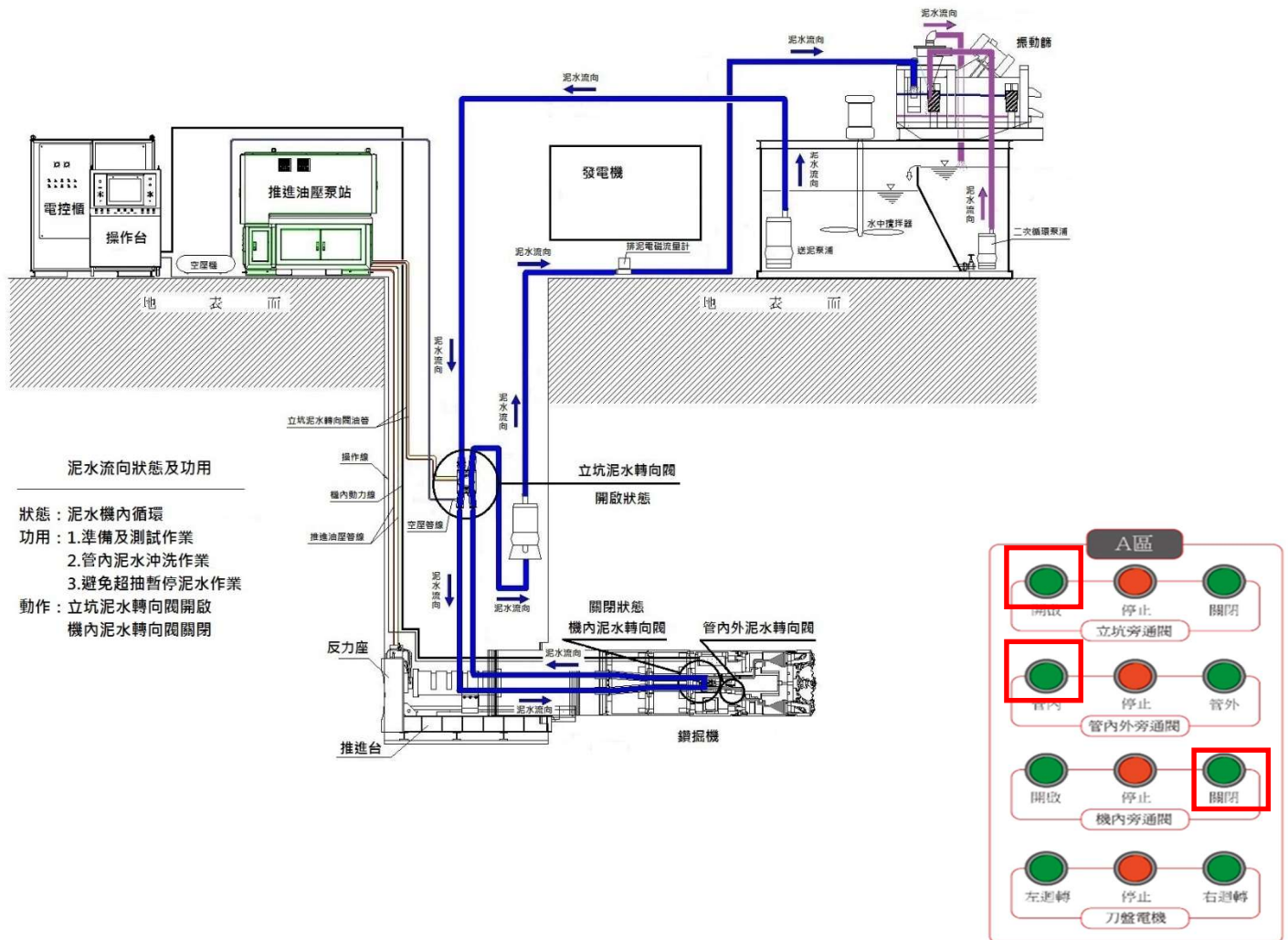


圖 4.7-3 泥水機內循環示意圖

4.7.3 泥水機頭循環

將機內旁通閥開啓，此時泥水便可以流經機頭，並帶走掘削出來的泥土或石塊。

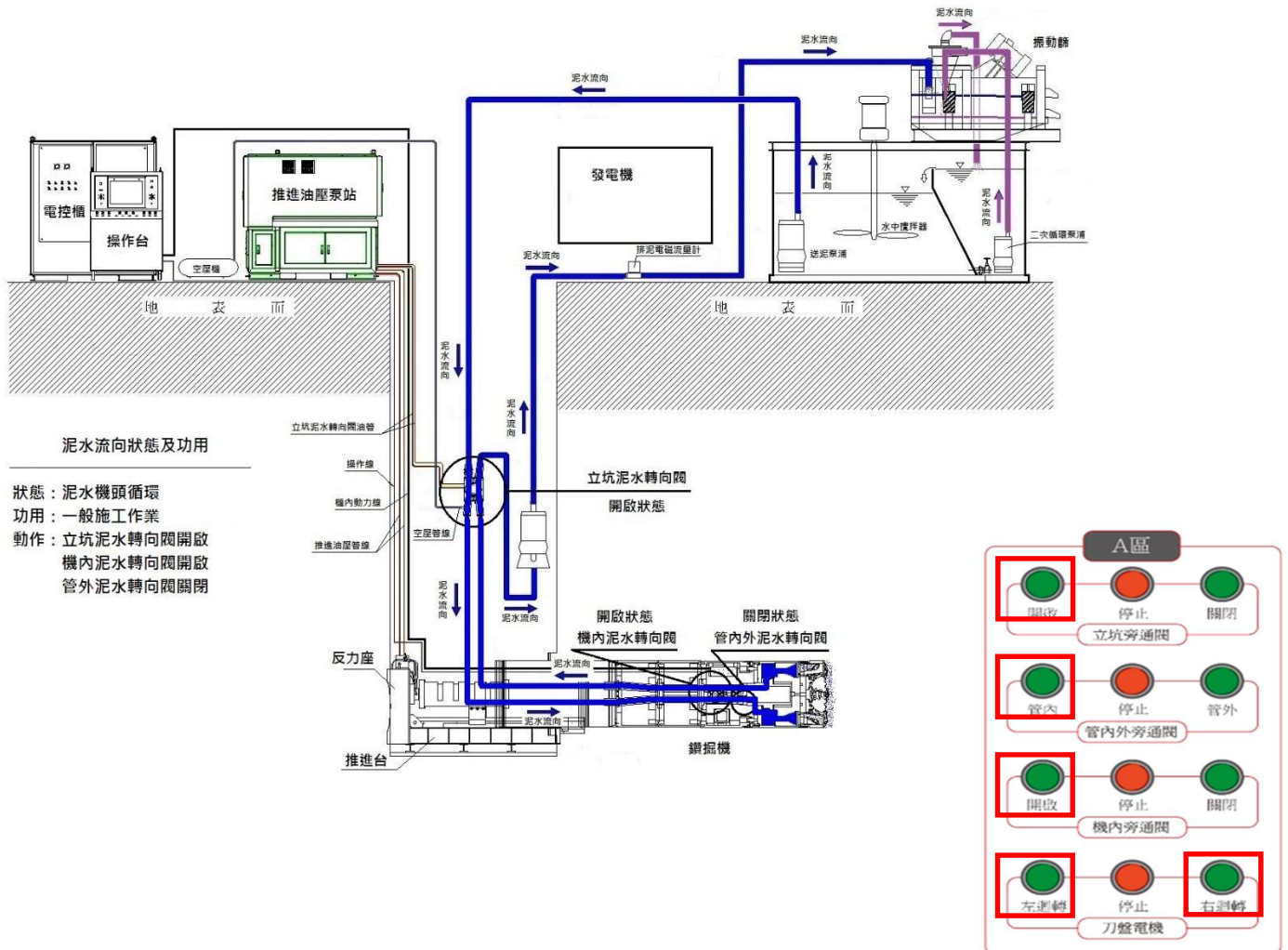
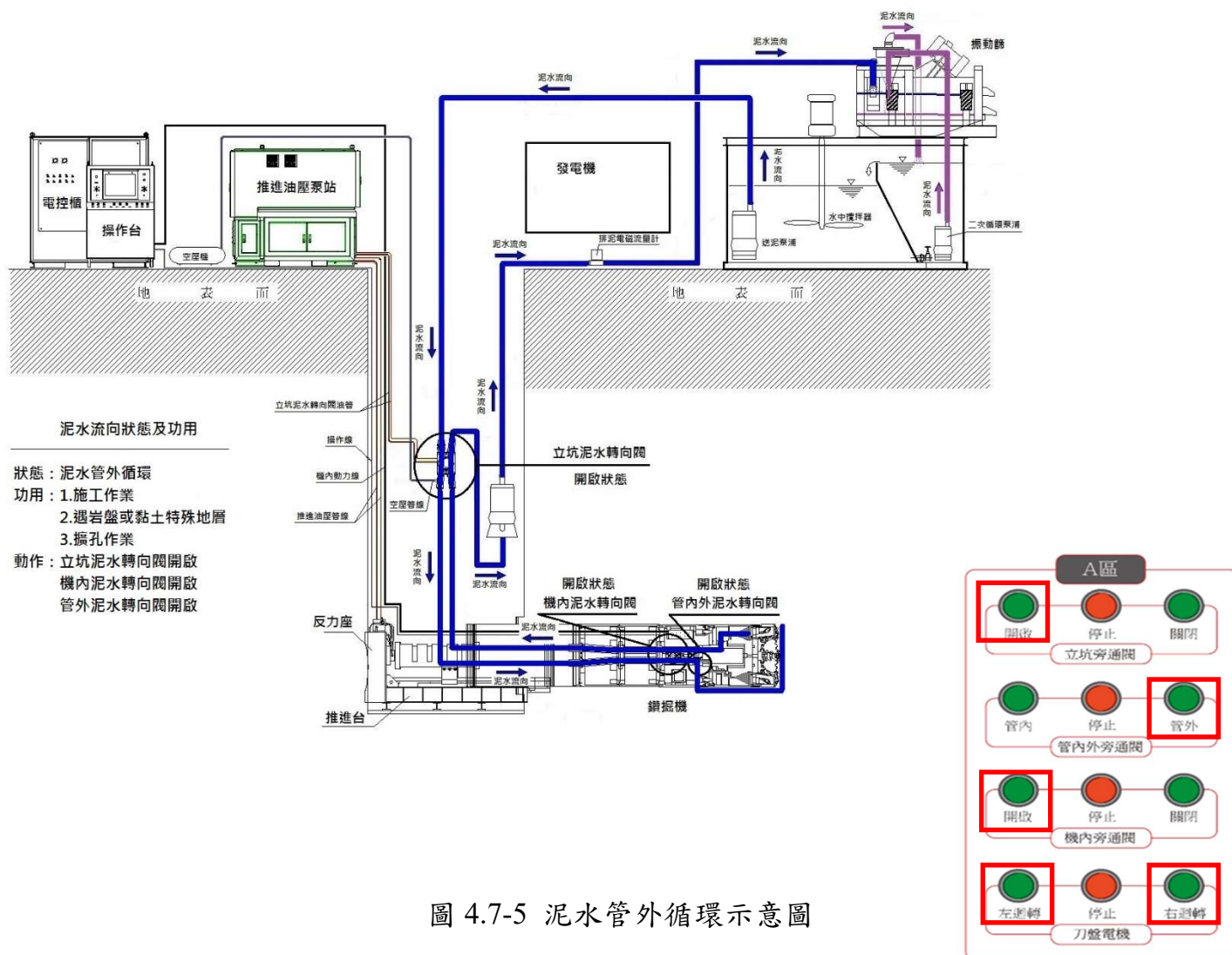


圖 4.7-4 泥水機頭循環示意圖

4.7.4 泥水管外循環

當切削刀盤在掘削過程中遭遇黏性較高的土塊或是較為堅硬的地質時可以將管內外旁通閥開啓到管外，此時泥水會被排送到掘削刀盤的最前延，用泥水將可能被黏住的機頭黏土沖刷掉或是軟化前端地質的狀況，讓掘削過程可以更加順暢。



4.8 標靶方向控制說明

標靶方向控制是推進工作一項重要的參數，其代表的是掘進機的推進方向以及機頭修正的方向，如下圖所示左邊代表的是掘進機的推進方向，而右邊代表的是機頭修正的方向，其中左邊紅點代表的是自發進井雷射儀射出的雷射其打在機頭上標靶的位置。而右邊的紅色代表的是經由三根修正千斤頂所產生的糾偏方向，其中三根千斤頂所在的位置分別是上、左以及右，在訊息面盤上呈現的黃底框字代表的是千斤頂伸出的距離，而紅底框字代表的是千斤頂的壓力，通常伸出的距離越長其壓力也會越高，然而在某些情形下，即時伸出的長度不是很長，但壓力也可能過高，代表的是該方向的地質可能比較堅硬。

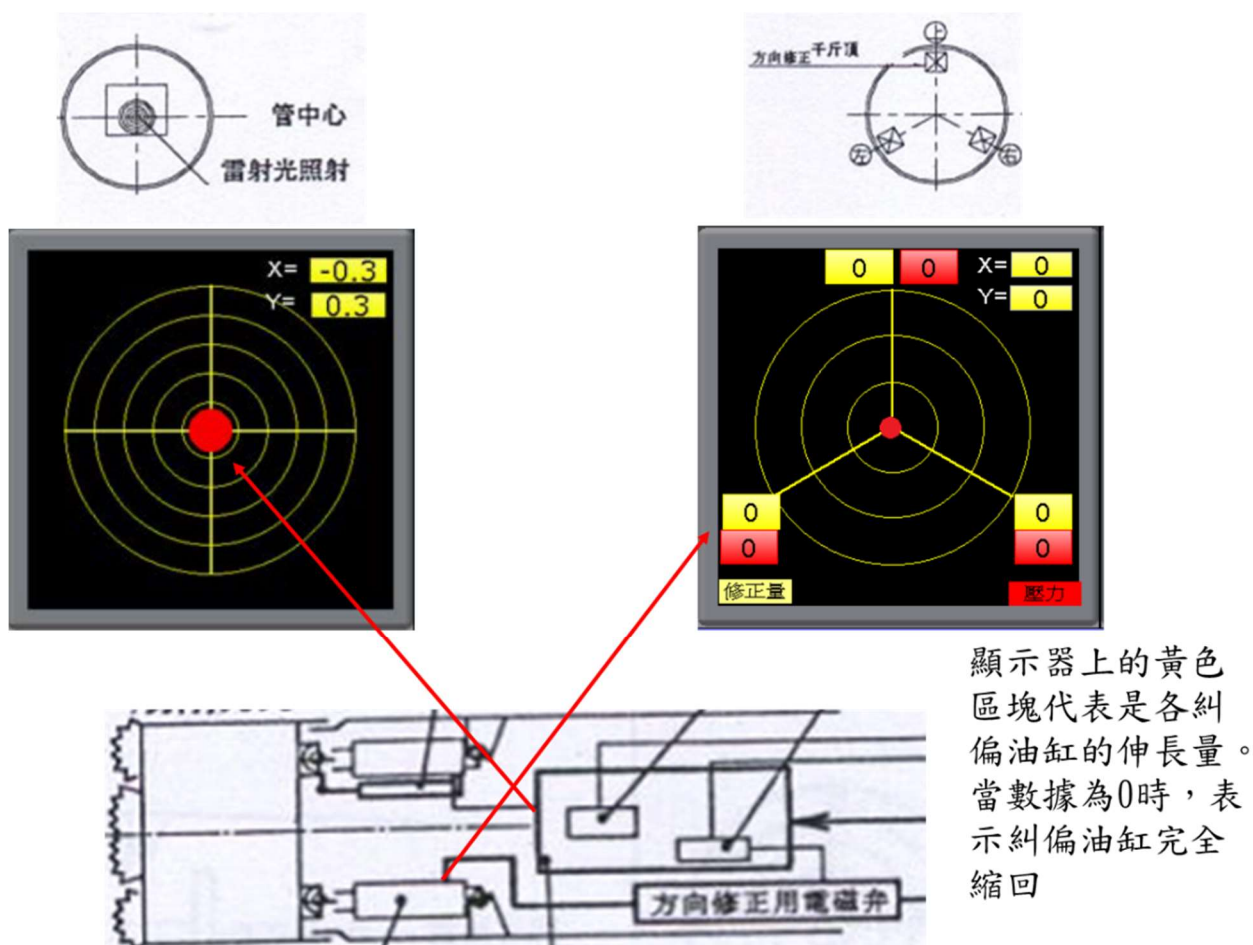


圖 4.8-1 標靶方向控制資訊面盤示意圖

在控制面盤的方向修正按鈕裡，共有上引、上押、左引、左押、右引及右押 6 個按鈕，其中押代表的是千斤頂往前推出去，引則是往回拉。

左下圖中，中間紅色按鈕：機內油壓泵站洩壓。

往上修：按上引，按右押(左上)及左押(右上)。

往下修：按上押，按左引(左下)及右引(右下)。

往右修：按左押(右上)及右引(右下)，搭配上押或上引達到你想要到的位置。

往左修：按右押(左上)及左引(左下)，搭配上押或上引達到你想要到的位置。

糾偏油缸位置：如下圖右，上面為上糾偏油缸；左下側為左糾偏油缸；右下側為右糾偏油缸。

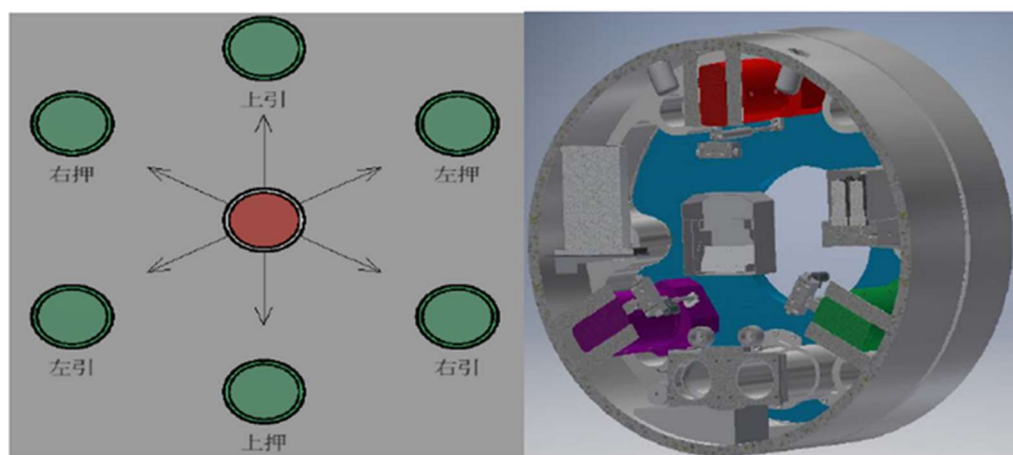


圖 4.8-2 標靶方向控制按鈕及修正千斤頂示意圖

4.8.1 上下方向修正

當標靶雷達上的紅點在正中心點時，表示目前掘進機頭處於水平狀態，此時修正千斤頂按下”上押”按鈕，此時修正電達上的紅點會往下跑，表示機頭將會往下跑，也就是當”上押”被按下後，上修正千斤頂會伸出，同時造成推進上方的阻力，而導致機頭往下跑，如下圖所示，反之若按下”上引”，則會導致掘進機頭往上跑。

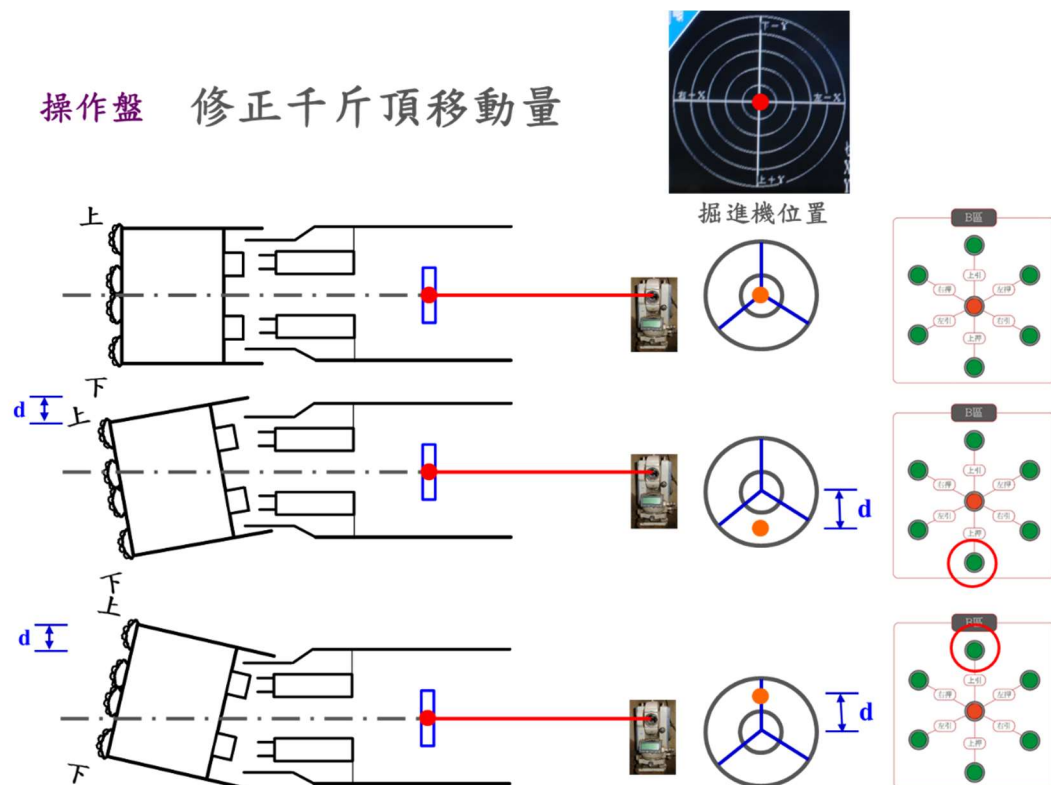


圖 4.8-3 上下方向修正示意圖

當標靶雷達上的紅點在中心點上方時，表示目前掘進機頭處於往下狀態，此時修正千斤頂按下”上引”按鈕，此時修正電達上的紅點會往上跑，表示機頭將會往上跑，也就是當”上引”被按下後，上修正千斤頂會縮回，減少推進上方的阻力，而導致機頭往上跑。假如修正的力道不夠，為了讓機頭可以上升，亦可以接下”左押”以及”右押”，讓左右修千斤頂伸出而讓機頭逐漸往上。

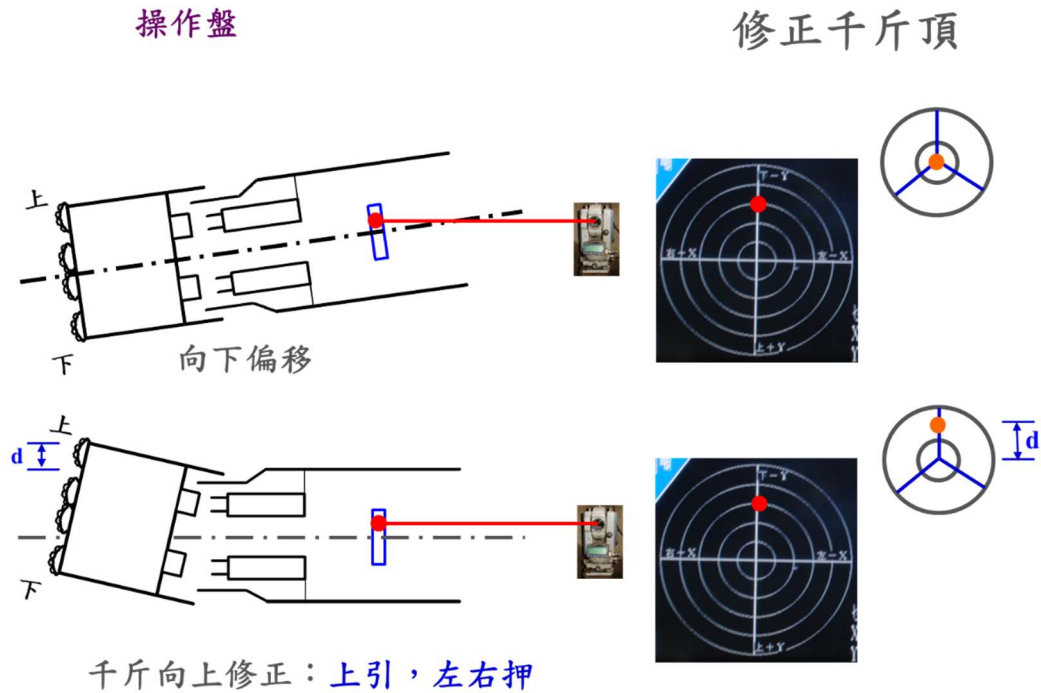


圖 4.8-4 修正千斤頂向上修正示意圖

當標靶雷達上的紅點在正中心點下方時，表示目前掘進機頭處於上升狀態，此時修正千斤頂按下”上押”按鈕，則修正電達上的紅點會往下跑，表示機頭將會往下跑，也就是當”上押”被按下後，上修正千斤頂會伸出，同時造成推進上方的阻力，而導致機頭往下跑，如下圖所示，反之若按下”上引”，則會導致掘進機頭往上跑。假如修正的力邊不夠，為了讓機頭可以往下，亦可以按下”左引”以及”右引”，讓左右修千斤頂縮回而讓機頭逐漸往下。

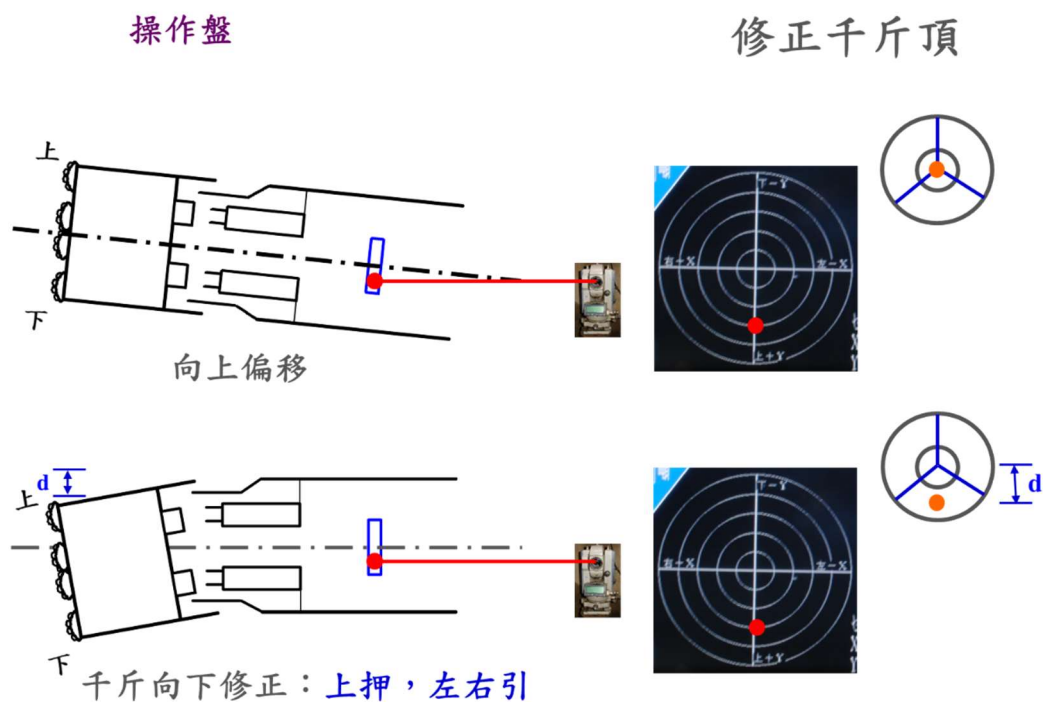


圖 4.8-5 修正千斤頂向下修正示意圖

當標靶雷達上的紅點在正中心點時，表示目前掘進機頭處於水平狀態，此時修正千斤頂按下”右押”按鈕，此時修正電達上的紅點會往左跑，表示機頭將會往左跑，也就是當”右押”被按下後，右方向修正千斤頂會伸出，同時造成推進右方的阻力，而導致機頭往左跑，如下圖所示，反之若按下”右引”，則會導致掘進機頭往右跑。

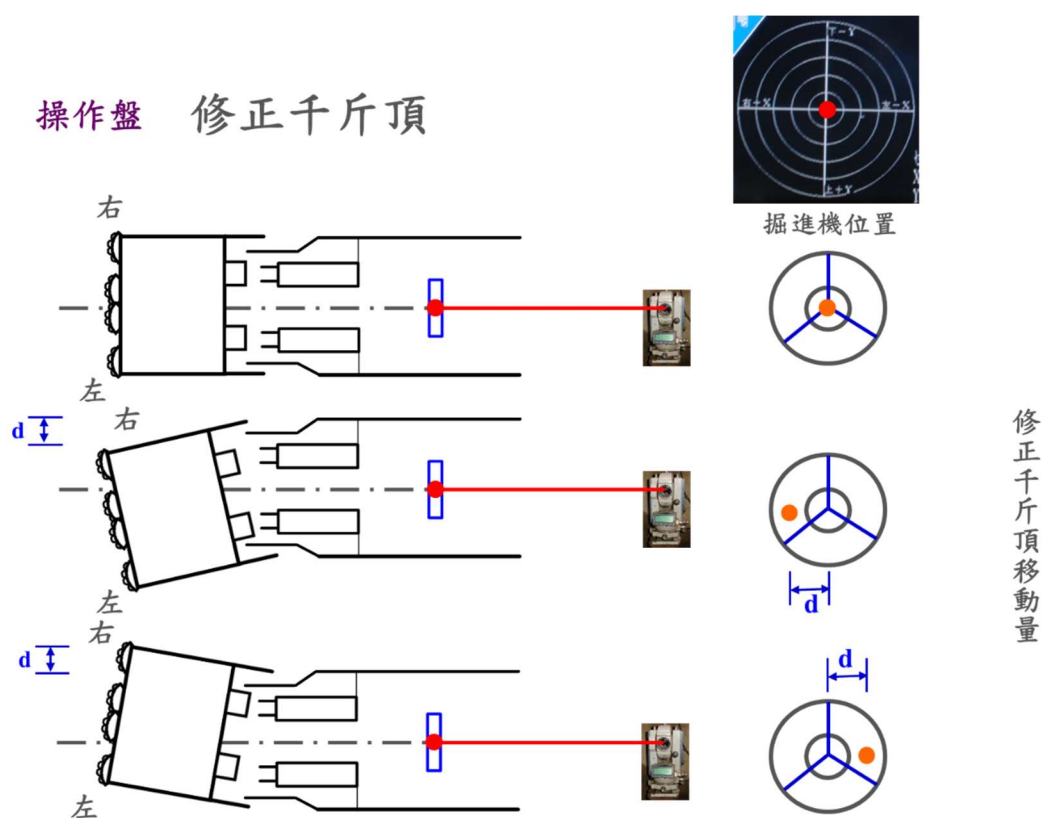


圖 4.8-6 左右方向修正示意圖

當標靶雷達上的紅點在正中心偏左邊時，表示目前掘進機頭處於往右狀態，此時修正千斤頂按下”右押”按鈕，此時修正電達上的紅點會往左跑，表示機頭將會往左跑，也就是當”右押”被按下後，右方向修正千斤頂會伸出，同時造成推進右方的阻力，而導致機頭往左跑，如下圖所示，反之若按下”右引”，則會導致掘進機頭往右跑。假如修正的力道不足，除了”右押”之外亦可以同時按下”左引”按鈕，以減少左邊阻力，讓掘進機頭可以快速往左邊修正。

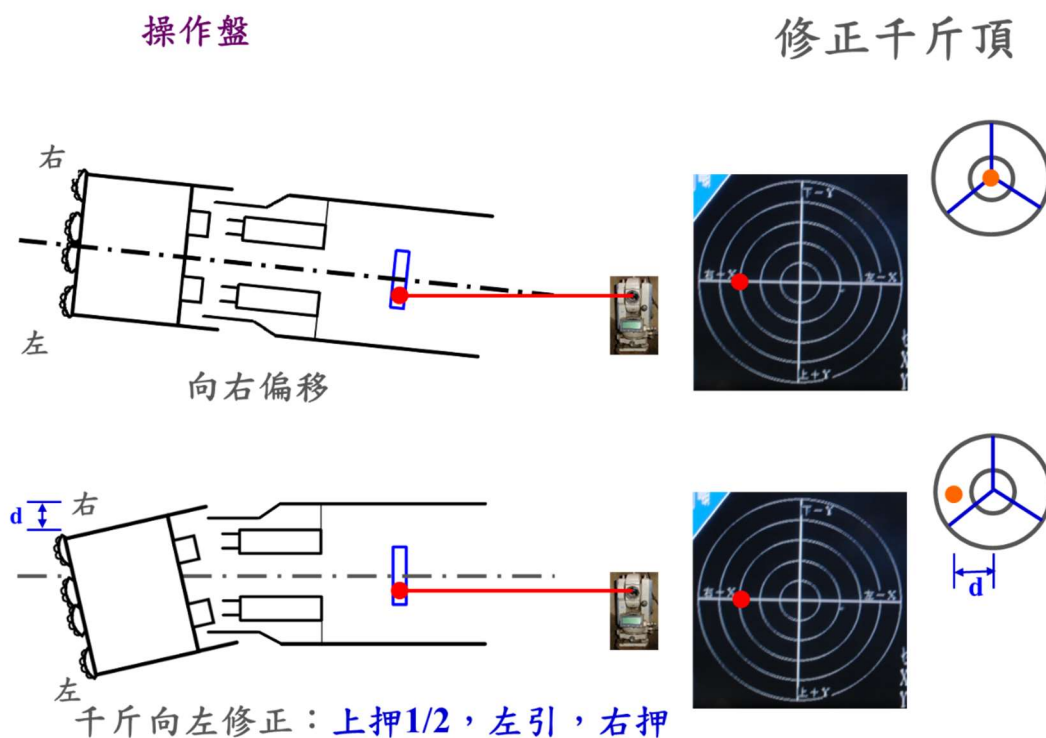


圖 4.8-7 修正千斤頂向左修正示意圖

當標靶雷達上的紅點在正中心偏右邊時，表示目前掘進機頭處於往左狀態，此時修正千斤頂按下”左押”按鈕，此時修正電達上的紅點會往右跑，表示機頭將會往右跑，也就是當”左押”被按下後，左方向修正千斤頂會伸出，同時造成推進左方的阻力，而導致機頭往右跑，如下圖所示，反之若按下”左引”，則會導致掘進機頭往左跑。假如修正的力道不足，除了”左押”之外亦可以同時按下”右引”按鈕，以減少右邊阻力，讓掘進機頭可以快速往右邊修正。

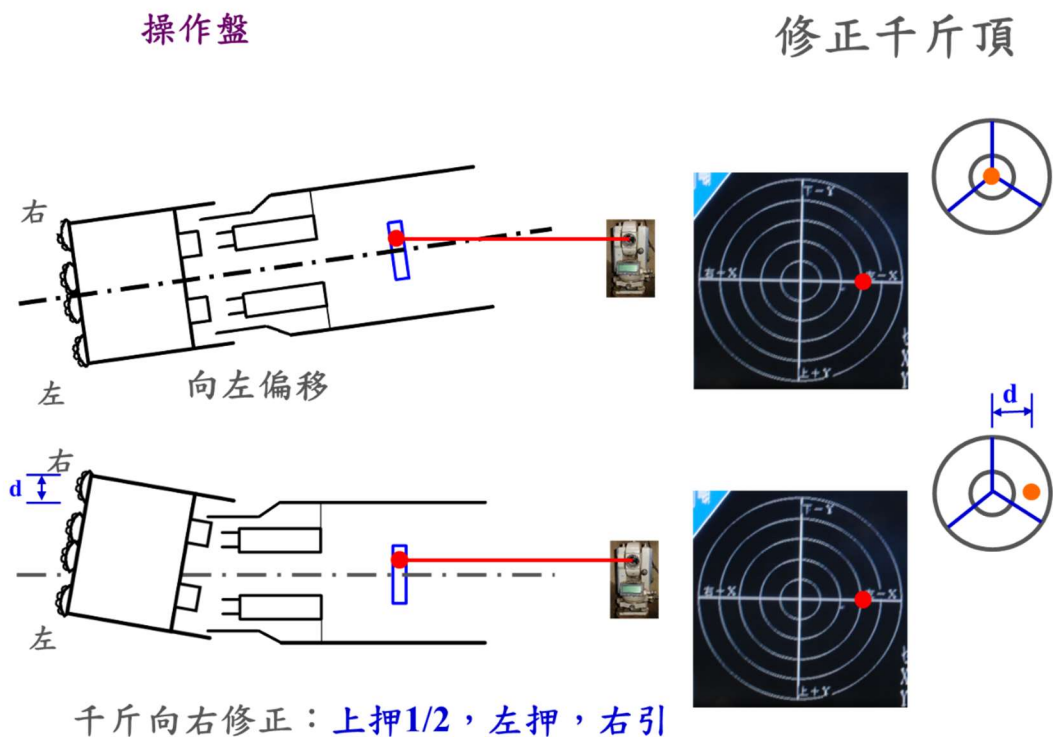


圖 4.8-8 修正千斤頂向右修正示意圖

4.9 發進機(千斤頂)控制說明

在控制台 C 區的控制按鈕裡包含機頭電源按鈕，此按鈕是用來開啓掘進機頭電源，一旦開啓，便會開始顯示標靶方向、電流、旋轉角及水壓等資訊。警報復歸按鈕則用來關閉警報器，當有異常狀況發生時，控制台的蜂鳴器會響起，此時按下警報復歸蜂鳴器便不會再響起。

現場操作以及操作盤操作是用來切換千斤頂的控制權，如果按下現場操作，則可以改由在工作井內工作的人員來控制千斤頂，反之操作盤操作則是由控制台來控制千斤頂動作。距離歸零則是將資訊面盤的推進距離歸零。

推進千斤頂前進與後退按鈕，在要控制千斤頂前進與後退時必須踩住腳踏板，再按下前進或後退按鈕，便可控制千斤頂前進或後退。

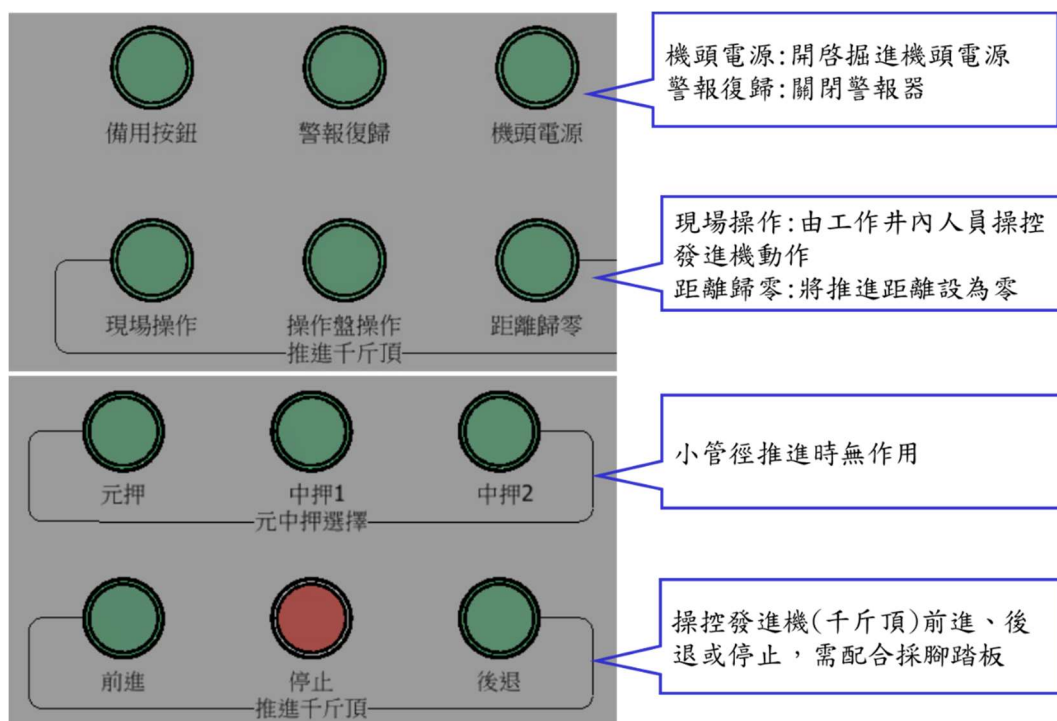


圖 4.9-1 控制台 C 區按鈕示意圖

4.10 送排泥轉數控制說明

請在電控櫃啟動送泥泵、排泥泵、油壓，方可操作；轉速旋鈕：順時針提高轉數，逆時針降低轉數，轉數顯示在操作台資訊面盤顯示器上。轉速越大其運作效率越高，然而必須依據情況來調整送排泥的數值，才不會因為過高的流速造成送排泥管的破損。

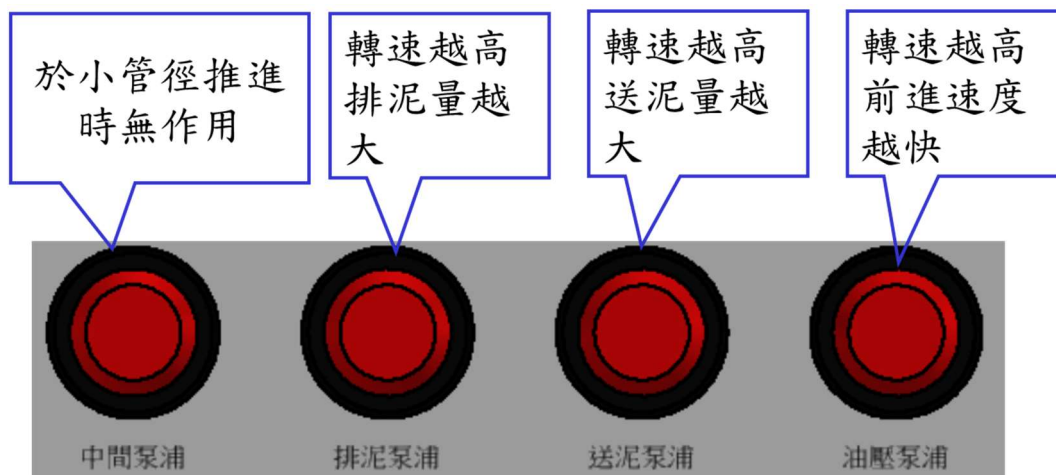


圖 4.10-1 控制台 D 區轉數旋鈕示意圖

4.11 推進模擬訓練腳本參數說明

本推進模擬控制台的訓練腳本除了參考推進技術手冊外，亦滙整推進領域專家的知識，並透過訓練腳本編輯界面，依照 Model-based 的架構編撰各個推進模擬訓練腳本，再滙入模擬控制台內讓學員來學習。

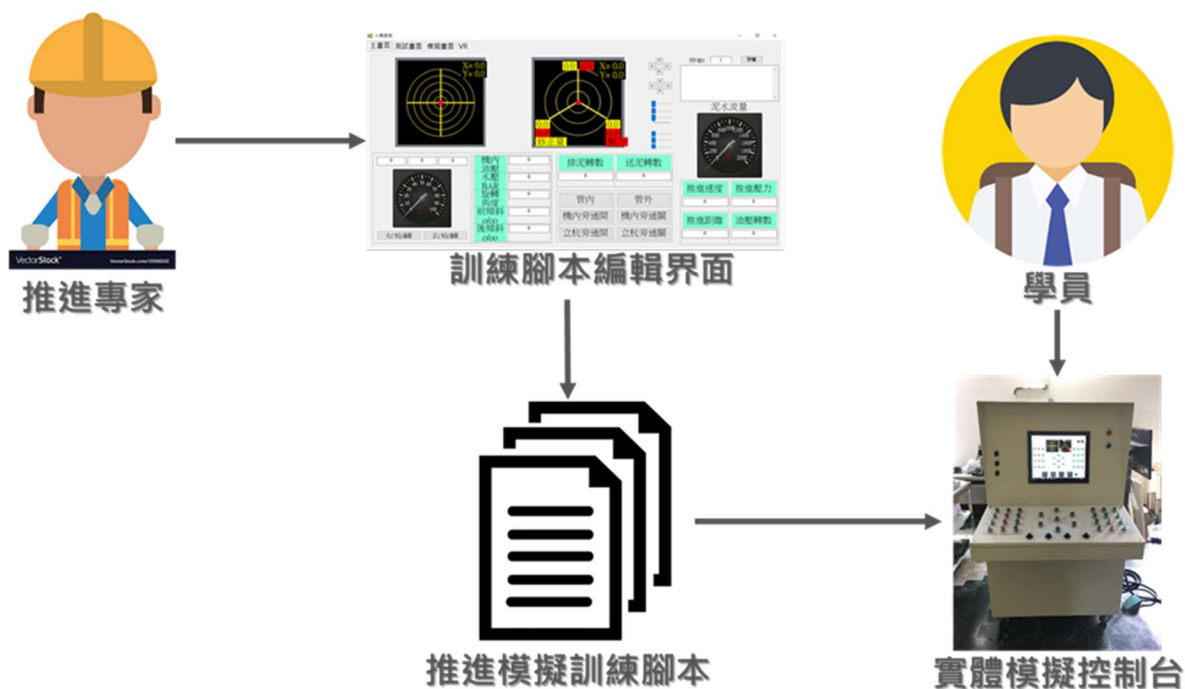


圖 4.11-1 推進模擬訓練腳本製作流程示意圖

本系統的訓練腳本所使用的參數包括管數、電流值、方向座標值、旋轉角、修正座標值、推進壓力、推進速度、送水壓、排水壓、流量、上壓力、左壓力、右壓力、送泥轉數、排泥轉數、油壓轉數、上位移、左位移及右位移，每一個參數的單位以及其最小/最大/初始/臨界值如下表所示。

表 4.11-1 推進模擬參數表

	別名	單位	最小值	最大值	初始值	臨界值
管數	pipes	支				
電流值	current	A	0	100	25~27	80
X 座標	x-axis	mm	-50	50	0	正負 50
Y 座標	y-axis	mm	-50	50	0	正負 50
旋轉角	rolling	度	-10	10	0	正負 10
修正 X	currentX	mm	-20	20	0	正負 20
修正 Y	currentY	mm	-20	20	0	正負 20
推進壓力	jackpressure	BAR	0	600	0	350
推進速度	speed	mm/Min	0	250	0	250
送水壓	ChargePressure	BAR	-1	9	0	3
流量	flow	L/min	0	2000	0	2000
上壓力	uppressure	BAR	0	600	0	350
左壓力	leftpressure	BAR	0	600	0	350
右壓力	rightpressure	BAR	0	600	0	350
送泥轉數	chargebump	rpm	0	1800	0	1800
排泥轉數	dischargebump	rpm	0	1800	0	1800
油壓轉數	mainbump	rpm	0	1800	0	1800
上位移	upoffset	mm	0	50	0	20
左位移	leftoffset	mm	0	50	0	20
右位移	rightoffset	mm	0	50	0	20

除了模擬的參數外，在推進過程中由於會遭遇不同的地質，特別是在複合式的地質環境裡，為了讓模擬更擬真，故必須依據不同的地質以及使用的掘進機頭，來制定合適的推進油壓轉數、推進速度以及在轉換地質時造成的電流變化。如下表所示:左上角代表使用的掘進機頭，第一個欄位代表的是目前挖掘的地質，而後面的欄位代表的是遭遇到的地質，例如以砂質刀盤在砂質土推進時，正常油壓轉速可達 1800 轉，推進速度可達 200mm/minutes，其電流範圍則為 28~30A，而當遭遇礫質土，則電流會升高至 35~45，而油壓轉速則減至 700 轉，推進速度則降為 60mm/minutes。

表 4.11-2 不同地質推進狀態表

以砂質,粘質土刀盤							
正常推進		地質變化					
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
粘質土	1800	150	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
礫質土	700	60	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	over->shutdown	over->shutdown
卵礫石層	400	0	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown
岩盤	200	0	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown	over->shutdown
以礫質土刀盤							
正常推進		地質變化					
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
粘質土	1000	100	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
礫質土	1000	100	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
卵礫石層	600	50	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
岩盤	200	5	電流:28~30	電流:28~30	電流:35~45	電流:45~60(電流不穩定)	over->shutdown
以卵礫石層刀盤							
正常推進		地質變化					
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:30~32(穩定慢慢上升) 推進壓力快速上升50	電流:35~38 推進壓力緩慢上升30	電流:45~60(極不穩定) 推進壓力急速增加100	over->shutdown
粘質土	1000	10	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
礫質土	700	60	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
卵礫石層	400	30	28~30	30~32	35~38	45~60	70~80
岩盤	200	10	28~30	30~32	35~38	40~42	40~42
以岩盤刀盤							
正常推進		地質變化					
	油壓轉速	推進速度	砂質土	粘質土	礫質土	卵礫石層	岩盤
砂質土	1800	200	電流:28~30	電流:30~32(穩定慢慢上升) 推進壓力快速上升50	電流:35~38 推進壓力緩慢上升30	電流:45~60(極不穩定) 推進壓力急速增加100	over->shutdown
粘質土	1000	10	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
礫質土	700	60	28~30	30~32	35~38	45~60	over->shutdown
卵礫石層	400	30	28~30	30~32	35~38	45~60	70~80
岩盤	200	10	28~30	30~32	35~38	40~42	40~42

4.12 設備檢查腳本說明

發電機檢查:檢查發電機發電狀況，電壓 220v、頻率 60Hz、電流依運作呈現，於畫面上出現這 3 種數值的儀表板以及確認是否正常的按鈕，如果數值正常則按下正確的按鈕，反之則按下錯誤的按鈕。



圖 4.12-1 發電機檢查腳本畫面示意圖

電控櫃檢查:電控櫃檢查包含送泥、排泥、油壓、攝影機及備用共 5 個按鈕，必須依序開啓，並在按下綠色按鈕後點亮綠色燈表示送電正常運作，或是按下紅色按鈕表示切斷電源。



圖 4.12-2 電控櫃檢查腳本畫面示意圖

控制台按鈕檢查:主頂油缸、刀盤電機、Jacking 全伸全縮，管內外旁通閥、立坑旁通閥、機內旁通閥等各按鈕燈號皆處於無動作狀態並可被控制。



圖 4.12-3 控制台按鈕檢查腳本畫面示意圖

4.13 推進模擬訓練腳本說明

本推進模擬訓練腳本總共分做三種類形，包括開機階段、推進階段以及常見異常，其中開機階段因腳本較長，故獨立成一個單一腳本，其餘的推進階段以及常見異常，則各有不同的訓練腳本。



圖 4.13-1 模擬訓練類型

開機階段:

當要開始推進作業以及換管時，需進行上循環排空氣及下循環排空氣之程序，主要是透過操作各類旁通閥，詳細操作說明請參閱 4.14 章節說明。

推進階段:

當在進行推進作業時，操作手需注意包括電流、機頭旋轉角、泥水流量、推進方向、千斤頂推進速度以及各類型的壓力感測器來掌握推進狀況，詳細操作說明請參閱

4.15~4.20 章節說明。

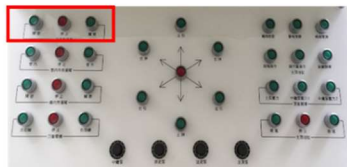
常見異常:

當在推進時會遭遇到一些異常狀況，包括電流過大、流量過小以及推進壓力值過大的情形，當遇到這些狀況時需立即採取應對措施，詳細操作說明請參閱 4.21~4.25 章節說明。

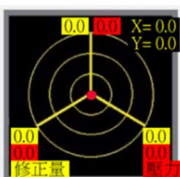
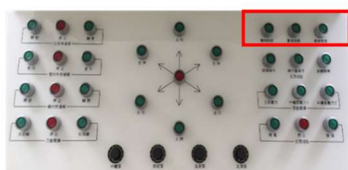
4.14 開機階段模擬訓練腳本說明

1. 機頭送電

- 按下立坑旁通閥-關閉按鈕，按鈕閃爍，等待約5秒完成，關閉按鈕一直亮著。



- 按下機頭電源按鈕，儀表板內開始呈現標靶、Jack修正、電流、旋轉角、傾斜角度、水壓及機內油壓等數值。

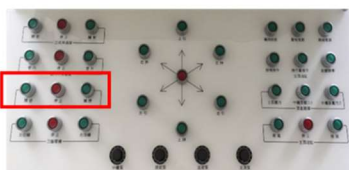


2. 上循環排空氣

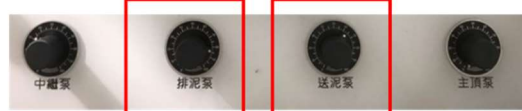
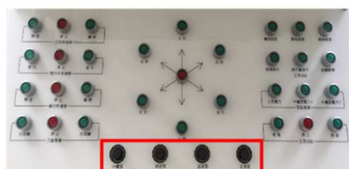
- 按下立坑旁通閥-開啓按鈕，按鈕閃爍，等待約5秒完成，開啓按鈕一直亮著。



- 按下機內旁通閥-關閉按鈕，按鈕閃爍，等待約5秒完成，關閉按鈕一直亮著。



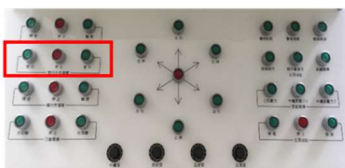
- 旋轉送泥泵浦及排泥泵浦的旋鈕開至最大(1800 RPM轉數)。



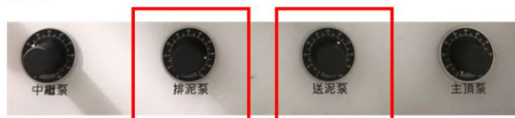
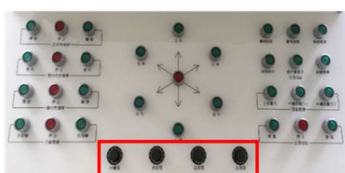
- 流量從0到1100慢慢上升，使管內空氣排出，直接達到1100L/min左右，慢慢呈現穩定狀態。

3. 下循環排空氣

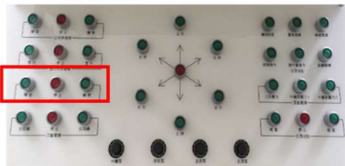
- 按下管內外旁通閥-管內按鈕，按鈕閃爍，等待約5秒完成，管內按鈕一直亮著。



- 流量會瞬間從1100L/min降到400 L/min左右，後續又慢慢升高，大約到750~850 L/min左右，成穩定狀態。
- 旋轉送泥泵浦及排泥泵浦旋鈕至1200~1400左右，排泥一般需大於送泥200~300轉數，等流量逐漸停留在700~800左右。



- 按下機內旁通閥-開啓按鈕，按鈕閃爍，等待約5秒完成，按鈕一直亮著。



- 流量稍微下降至600後慢慢回升至700~800，成穩定狀態

4.15 推進階段模擬訓練腳本說明

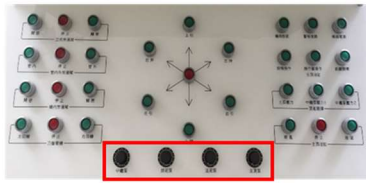
在一般的推進工作時，操作手無時不刻地緊盯著控制台的資訊面盤，看著推進方向、旋轉角度、電流值、流量值以及前進速度跟各式的壓力值來讓推進工作順利進行。因此，上述的五個指標，也就是推進階段最核心的訓練內容，如下圖所示：



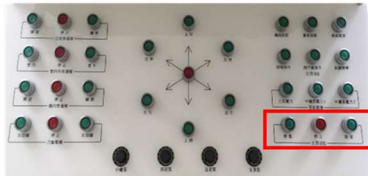
圖 4.15-1 推進階段模擬訓練腳本選單

4.16 前進速度控制腳本說明

- 腳踩腳踏板，旋轉主頂泵的旋鈕-至350RPM左右。



- 腳踩腳踏板，按下主頂油缸-前進按鈕。

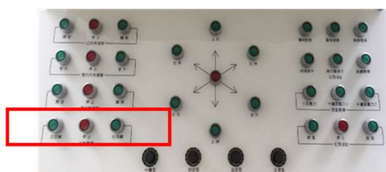


- 電流開始變化，從20到30A左右變化
- 隨機產生旋轉角度(-2~2)，依旋轉角度控制刀盤左右轉
- 推進速度維持在200 mm/min左右



4.17 旋轉角控制腳本說明

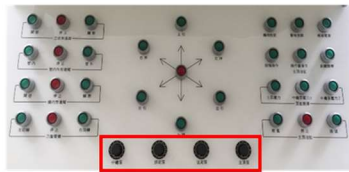
- 亂數產生旋轉角度(-3~3)
- 旋轉角如果為負，按刀盤電機-左回轉按鈕
- 旋轉角從負值慢慢增加到2(最大到5)，左螢幕掘進機頭開始左轉
- 旋轉角如果為正，按刀盤電機-右回轉按鈕
- 旋轉角從正值慢慢增減到-2(最大到-5)，左螢幕掘進機頭開始右轉



機內油壓	130
水壓BAR	1
旋轉角度	-2.5
前傾斜o/oo	0
後傾斜o/oo	0

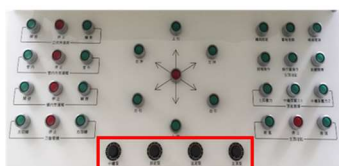
4.18 電流控制腳本說明

- 旋轉主頂泵轉數到300~350RPM，讓電流控制在合理範圍20~40A
- 依據地質條件(砂質土、黏質土為20~30A、礫質土為30~45A、卵礫石層為45~60A、岩盤為60~80A)越硬的電流越大，但不能超過臨界值(依各地質最高值設定)
- 當電流瞬間過高時需降低油壓轉數(砂質土、黏質土為200~300 RPM、礫質土為150~200 RPM、卵礫石層為100~150 RPM、岩盤為50~100 RPM)。(例如：電流瞬間過高到80A，油壓轉數調低至86RPM)



4.19 流量控制腳本說明

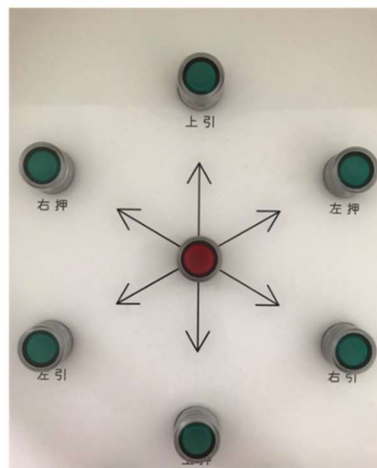
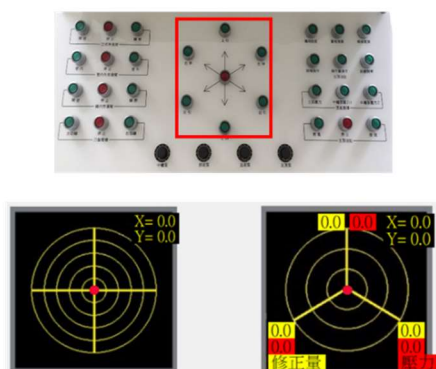
- 旋轉送泥泵浦至1000~1100RPM、排泥泵浦至1200~1400RPM
- 亂數產生初始流量300~1000L/h
- 依據初始流量大小(小300~500L/h, 大800~1000L/h, 正常500~800L/h)，如果流量小，則調高送泥泵轉數1200~1300RPM，排泥泵轉數1300~1500 RPM
- 如果流量大，則調低送泥泵轉數900~1000 RPM，排泥泵轉數1100~1200 RPM。
- 亂數產生初始水壓2~3Bar
- 假如水壓很高>2Bar，則調低送泥泵轉數至900~1000RPM，使其水壓慢慢下降到低於2。



機內油壓	130
水壓BAR	2.2
旋轉角度	-2.5
前傾斜o/o	0
後傾斜o/o	0

4.20 推進方向控制腳本說明

- 亂數產生標靶位置(左右上下正負 0~1cm)
- 依據標靶位置，假如紅點向上表示機頭向下，則按下上引-按鈕，或同時按下左押-按鈕、右押-按鈕(上壓力減少，左右壓力會增加)
- 假如紅點向下表示機頭向上，則按下上押-按鈕，或同時按下左引、右引-按鈕(上壓力增加，左右壓力會減少)
- 假如紅點偏左，則按下左押-按鈕，左壓力會增加
- 假如紅點偏右，則按下右押-按鈕，右壓力會增加
- 假如修正壓力過高則需按洩壓，讓壓力歸零。
- 每按壓一次按鈕修正0.1cm



4.21 異常階段訓練腳本說明

在推進過程中難免會遭遇到一些較為獨特的事件，像是遇到堅硬的石頭或是前方是個籠洞等等地都會造成推進資訊面盤的數據產生很大的變化，例如電流瞬間變大、流量瞬間變少等等，然而數據不能完全反應是遭遇何種障礙，故通常都只能緊急停止，暫停推進，再仔細研判是何種原因造成，以下是本系統依據最常發生的推進異常整理的訓練腳本，如下圖所示：

FormErrorProjectSelect

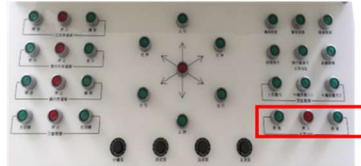
瞬間電流過高		流量變少		方向修正壓力過大		主頂油缸推進壓力過大	
有提示	無提示	有提示	無提示	有提示	無提示	有提示	無提示

結束

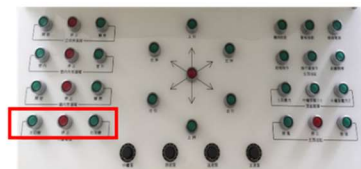
圖 4.21-1 異常階段訓練腳本選單

4.22 電流瞬間過高腳本說明

- 當電流瞬間變高 $>50A$ ，表示可能遇到堅硬的地質，蜂鳴器響起，畫面閃紅色
- 按下主頂油缸-停止按鈕，立即停止推進，機頭仍持續動作，原地磨。
- 當電流瞬間變高 $>80A$ ，表示可能遇到極硬的地質，此時蜂鳴器響起，畫面閃紅色
- 按下主頂油缸-停止按鈕，主頂油缸立即停止推進



- 按下刀盤電機-停止按鈕，機頭停止轉動。



4.23 流量瞬間變低腳本說明

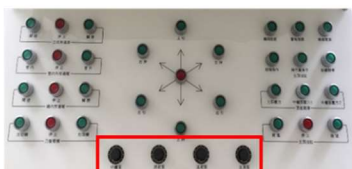
- 當流量瞬間很低100~300L/h時，可能挖到箱涵
- 按下主頂油缸-停止按鈕，主頂油缸立即停止推進



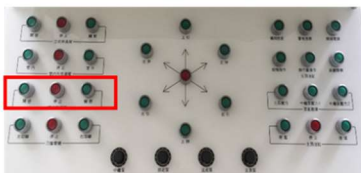
- 按下機內旁通閥-關閉按鈕，直到泥水流量達到800L/min左右



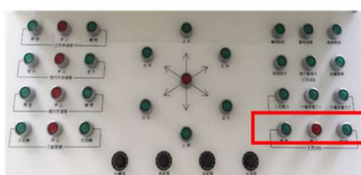
- 旋轉送泥泵浦及排泥泵浦旋鈕至1200~1400左右，排泥一般需大於送泥200~300轉數



- 按下機內旁通閥-開啓按鈕，直到泥水流量達到700~800L/min左右。

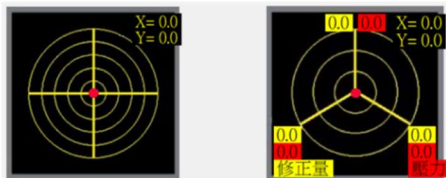
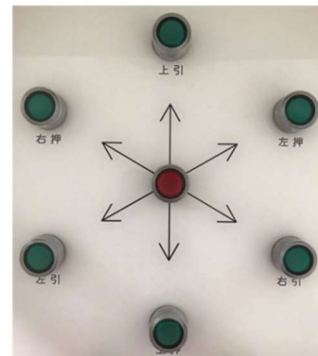
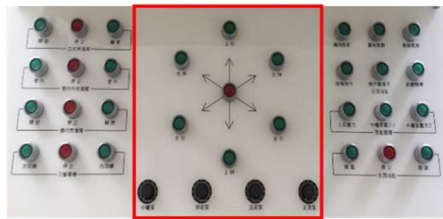


- 腳踩踏板，並控制機頭前進。



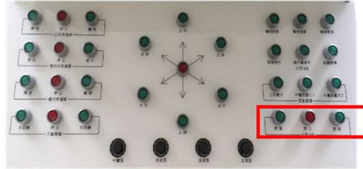
4.24 方向修正壓力過高腳本說明

- 亂數產生方向修正壓力(300~350Bar)
- 當上修正壓力瞬間變大，表示上方出現硬石，需按下上引拉回上 jack，降低上修正壓力，降低油壓轉數放慢速度
- 當左修正壓力瞬間變大，表示左方出現硬石，需按下左引拉回左 jack，降低左修正壓力，降低油壓轉數放慢速度
- 當右修正壓力瞬間變大，表示右方出現硬石，需按下右引拉回右 jack，降低右修正壓力，降低油壓轉數放慢速度

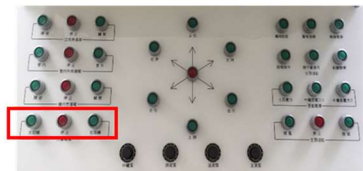


4.25 主頂油缸推進壓力過高腳本說明

- 亂數產生推進距離(1000~20000mm)及推進壓力(300~350Bar)
- 與推進距離成正比，當推進壓力過高，而推進距離還在前期時，表示磨擦力過高或是遇到鐵板超硬的物品，或是推進角度過大，依據可能情形進行處理(加滑材、換主頂油缸、修正推進角度等)。
- 按下主頂油缸-停止按鈕



- 按下刀盤電機-停止按鈕，機頭停止轉動。



4.26 功能選單說明

功能選單的內容包括操作模擬、操作作模擬(跳過機台檢查)、設定以及推進機連接測試等四個功能。

1. 操作模擬-進入模擬訓練頁面，會直接到圖 4.12-1 設備檢查頁面。
2. 操作作模擬(跳過機台檢查)-會跳過圖 4.12-1 設備檢查頁面，而直接進到圖 4.13-1 的模擬訓練頁面。
3. 設定-分為腳本設定及地質設定，會進到圖 4.27-1 及圖 4.27-2 的設定頁面。
4. 推進機連接測試，會開機控制台右邊螢幕的畫面，顯示主頂泵的推進畫面。



圖 4.26-1 功能選單畫面

4.27 腳本設定說明

- 設定選單，用來設定腳本的初始值。
- 主畫面：可跟據腳本的設計，給於控制台畫面合理的數值。

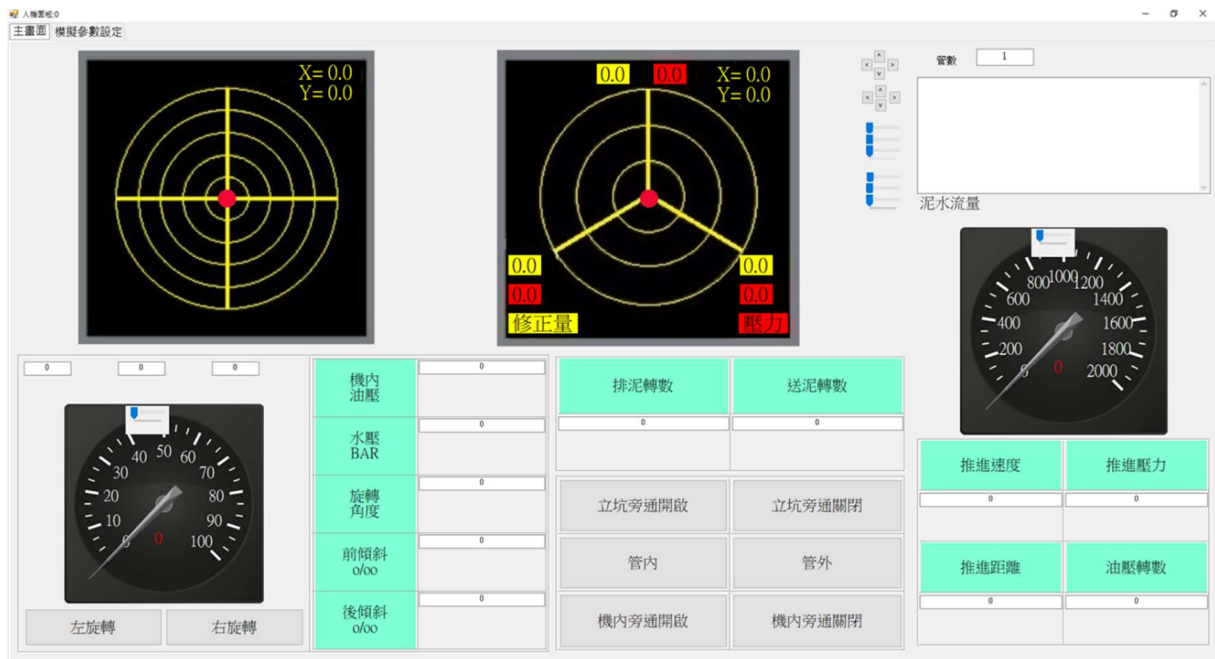


圖 4.27-1 腳本設定畫面

4.28 地質及掘進刀盤設定說明

本模擬系統使用的地質共分為四種，包括黏/砂質土、礫質土、卵礫石層以及岩盤，使用的刀盤為掘進頭 A(適用於岩盤及卵礫石層)、掘進頭 B(適用於礫質土)以及掘進頭 C(適用於黏/砂質土)等三種掘進頭。

- 模擬參數設定：設定腳本的初始地質及刀盤。
- 載入：載入腳本。
- 存檔：儲存腳本。



圖 4.28-1 地質及掘進刀盤設定畫面

第五章 研發推廣說明會

5.1 推廣說明會辦理概述

污水下水道建設為國家建設發展重要指標，我國自民國 80 年起全國逐年全面性推動都市污水下水道建設，為降低對道路交通之衝擊及減少管推挖損其它地下管線之風險，污水下水道建設多半採用推進工法施工。近年來因工程標案大量釋出，市場可承作之廠商商業界推進工程技術人力顯有不足，主因係目前國內管線推進之廠商現地工班皆以專業工班為主，非隸屬於推進廠商，故推進廠商鮮少自行大量訓練推進工班，多為專業工班之工頭以師徒制少量訓練，如此易衍生工地工班管理問題，及推進工班於工程標案大量釋出時人力不足之情形。

為提升下水道工程品質，加速培育推進施工專業人才，營建署擬將推進工法之教育訓練結合虛擬實境及擴充實境科技，研發「下水道推進技術虛擬實境模擬訓練系統」，使參訓人員透過推進施工之虛擬實境科技，即時體驗現場程序與設備操作要領，快速建立其專業能力，投入下水道建設之行列。故特別規劃辦理「短(小)管直線推進虛擬實境模擬訓練系統研發」，針對下水道短(小)管直線推進技術手冊編制及虛擬實境模擬訓練系之議題進行分享說明，希冀藉由本課程之辦理，以提升相關人員專業技能及工程品質。本案業以於 108 年 00 月 00 日，提送短(小)管直線推進虛擬實境模擬訓練系統研發推廣說明會計畫書報請貴署備查在案，核備函文如附件一。

5.2 邀請參加對象

虛擬實境模擬訓練系統研發推廣說明會參與對象，包括污水處理廠、中大管徑推進、小管徑推進、明挖施工及用戶接管工程、推進工程公司及政府單位（營建署及縣市政府等），寄送報名簡章至各單位提供報名，每場參加人數皆逾 100 人。各場次推廣說明會辦理情形說明如下：

5.3 推廣說明會時間、地點及議程表：

- 一、台中場—108 年 5 月 15 日，中興大學圖書館 6 樓會議室。
- 二、台北場—108 年 5 月 21 日，臺灣科技大學國際大樓三樓 IB302。
- 三、高雄場—108 年 5 月 22 日，高雄市政府 鳳山行政中心 多媒體會議室。
- 四、推廣說明會辦理議程，如下表 5.3-1 說明；
- 五、課程講義下載連結 <https://reurl.cc/GkGYeW>

表 5.3-1 推廣說明會議程表

日期	時間	時數	課程內容(暫擬)	講師
108 年 5月 (台中、 台北、 高雄)	09:30~10:00		報到	
	10:00~11:00	60mins	一、下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析	蕭建青/技師 or 余暉祥/股長 or 蔡育龍/主任 or
	11:00~11:10	10mins	茶點休息	
	11:10~12:10	60mins	二、下水道推進技術手冊研擬說明	蔡承祐/總經理 or 邱敏錦/董事長 or 王傳宗/董事長 or
	12:10~13:00	50mins	午餐	
	13:00~14:00	60mins	三、模擬訓練系統運用研析	劉建志/博士
	14:00~14:10	10mins	茶點休息	
	14:10~15:10	60mins	四、虛擬實境模擬訓練系統操作說明	許進順/資深工程師
	15:10~15:20	10mins	茶點休息	
	15:20~16:20	60mins	五、虛擬實境模擬訓練系統操作實務	林翰飛/工程師
	16:20		賦歸	

5.4 講師名單

課程名稱：短(小)管直線推進虛擬實境模擬訓練系統研發 推廣說明會，講師資訊如下表 5.4-1 說明；

表 5.4-1 推廣說明會講師名單

	計畫主持人：江黎明 學歷/資格：國立中央大學土木工程碩士/品管工程師/甲級廢水專責人員/價值工程訓練 年資：43 年 主要專長：污水下水道系統設計、施工、維護管理等
	協同計畫主持人：林智偉 學歷/資格：臺灣科技大學營建工程學系碩士班/土木技師/採購專業人員基礎訓練 年資：11 年,式新工程顧問公司下工部經理 主要專長：污水下水道、大地工程，擔任宜蘭縣七結污水分區、台南市安平系統西門 G 及鹽埕 D 污水分區、澎湖縣馬公地區等計畫之專案經理



職業安全衛生：蕭建青

學歷/資格：國立中興大學土木系學士、結構組碩士

年資：20 年，肖大工程顧問有限公司 負責人

主要專長：道路、橋梁工程規劃設計監造、結構設計分析、大地工程設計分析、營建管理、職安管理。勞動部勞動力發展署—營建管理班講師(勞安衛法令)、苗栗縣政府水保服務團---駐府技師、審查委員、台中市土木技師公會—施工技術委員會委員、中華民國工程安全衛生管理學會-法規委員會委員



職業安全衛生：余暉祥

學歷/資格：國立臺灣海洋大學河海工程學系 碩士

年資：25 年，臺北市政府工務局衛生下水道工程處 股長

主要專長：職業安全管理師、職業衛生管理師、OHSAS 18001 Lead Audit、公共工程品質管理人員、甲級廢水處理專責人員、下水道設施操作維護管渠系統乙級技術士、污水下水道用戶排水設備裝置技術人員、缺氧作業主管、急救人員訓練、特定化學物質作業主管



職業安全衛生：蔡育龍

學歷/資格：國立台灣大學海洋研究所碩士

年資：22 年，高雄市政府水利局 勞工安全衛生室主任

主要專長：電機技師執照、勞工安全衛生管理員、機水電、下水道相關工程、職業安全管理。



下水道推進技術：蔡承祐

學歷/資格：陸軍官校專科班機械科畢業

年資：30 年，鑽程工程股份有限公司 監察人兼管理人

主要專長：下水道設施操作維護、下水道推進工法、施工、維護管理等，自動控制系統、機械結構設計、製程管理。專利：潛盾機油路快速接頭專利新型創作人、潛盾機 PLC 傳輸模組專利新型創作人、潛盾機軸心防水結構專利新型創作人、潛盾機軸心快速換刀結構專利新型創作人、潛盾機軸心之支撐結構專利新型創作人、潛盾機水路閘門控制結構專利新型創作人、潛盾機鑽頭轉向控制結構專利新型創作人



下水道推進技術：邱敏錦

學歷/資格：中華科技大學 土木工程系 碩士
年資：25 年，中佑營造工程有限公司 董事長
主要專長：古蹟修復工程工地主任負責人、公共工程品質管理、營造業工地主任、下水道設施操作維護-機電設備(乙級)技術士、下水道設施操作維護-處理系統(乙級)技術士、下水道設施操作維護-管渠系統(乙級)技術士、測量(丙級)技術士、自來水配管-自來水管(丙級)技術士、下水道用戶排水設備配管(丙級)技術士。



下水道推進技術：王傳宗

學歷/資格：國立台灣工業技術學院 營建工程系
年資：35 年，日商興亞迪歐股份有限公司董事長
主要專長：下水道設施操作維護，下水道推進工法、施工、維護管理等，自動控制系統、機械結構設計、製程管理。



模擬系統訓練研發組：劉建志

學歷/資格：國立交通大學資訊工程所博士
年資：31 年，工研院電光系統所
主要專長：智慧視覺、網路通訊、資訊工程



模擬系統訓練研發組：許進順

學歷/資格：國立中山大學資訊工程研究所碩士
年資：17 年，工研院電光系統所
主要專長：多媒體通訊(RTCP/RTSP 傳輸協定、H.264/MPEG-4 影像壓縮)、網路通訊協定(IEEE 802.3/802.15.4)、機器學習(人臉影像辨識、語音辨識)、統計分析(線性 PLS、ANN，非線性 ANN，時序 ARIMA)



模擬系統訓練研發組：林翰飛

學歷/資格：國立台灣大學海洋研究所碩士

年資：15 年，工研院電光系統所

主要專長：VR、AR、MR 開發、Unity 3D-Android/IOS、伺服器端
程式開發(Photon、Tomcat、Web Service、Socket)、資料探勘技
術、大數據運算與分析技術、統計分析技術(GLM、GAM、PCA、
Cluster Analysys)。

5.5 各場推廣說明會辦理情形：

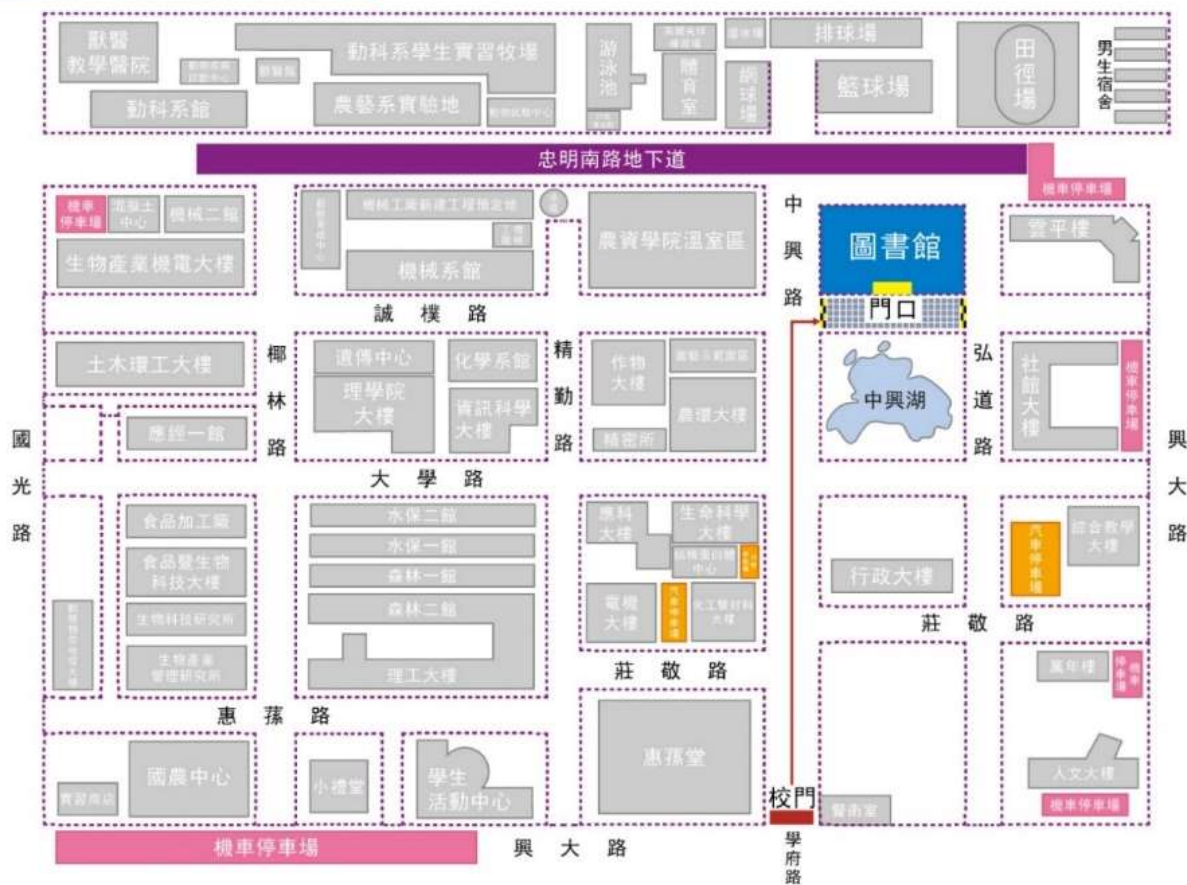
5.5.1 台中場--(中區推廣說明會)

1. 參加人數：本次出席人數 103 人。
2. 會場地址：台中市南區興大路 145 號(中興大學圖書館 6 樓會議室)。
3. 中興大學交通路線圖



4. 會場平面圖

➤ 圖書館校園指引圖



5. 台中場--(中區推廣說明會)辦理情形



圖 5.5-1 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-2 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞



圖 5.5-3 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞



圖 5.5-4 內政部營建署水工處中區分處 盧偉銘副分處長 致詞



圖 5.5-5 推廣說明會會場與會人員剪影



圖 5.5-6 台中場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析

主講人：蕭建青/技師



圖 5.5-7 台中場--下水道推進技術手冊研擬說明 主講人：蔡承祐/總經理



圖 5.5-8 台中場--模擬訓練系統運用研析 主講人：劉建志/博士



圖 5.5-9 台中場--虛擬實境模擬訓練系統操作說明

主講人：許進順/資深工程師



圖 5.5-10 台中場--虛擬實境模擬訓練系統操作實務

主講人：林翰飛/工程師



圖 5.5-11 台中場-- VR 虛擬實境操作實務訓練體驗



圖 5.5-12 台中場-- VR 虛擬實境操作實務訓練體驗



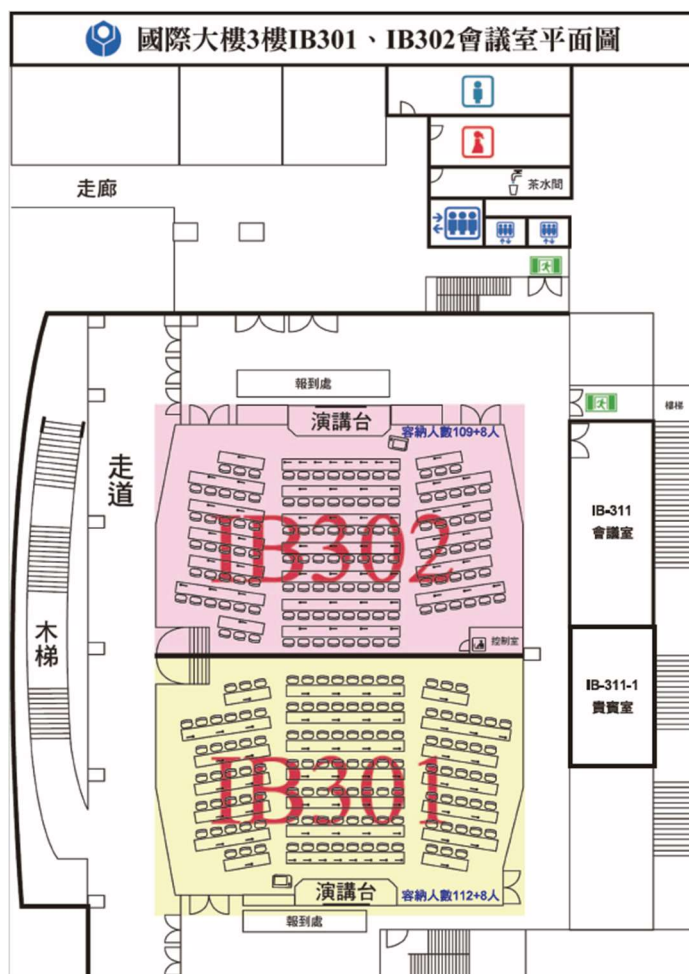
圖 5.5-13 台中場--推進模擬控制台操作體驗

5.5.2 台北場—(北區推廣說明會)

1. 參加人數：本次出席人數 105 人。
2. 會場地址：臺北市基隆路四段 43 號(臺灣科技大學國際大樓三樓 IB302)
3. 臺科大交通路線圖



4. 會場平面圖



5. 台北場--(北區推廣說明會)辦理情形



圖 5.5-14 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-15 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-16 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-17 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-18 推廣說明會會議報到區



圖 5.5-19 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞



圖 5.5-20 內政部營建署 黃文彥副總工程司 致詞



圖 5.5-21 推廣說明會會場與會人員剪影



圖 5.5-22 台北場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析

主講人：余曄祥/股長



圖 5.5-23 台北場--下水道推進技術手冊研擬說明

主講人：邱敏錦/董事長



圖 5.5-24 台北場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗 黃副總 實際體驗



圖 5.5-25 台北場—推進模擬控制台操作體驗 黃副總 實際體驗

5.5.3 高雄場—(南區推廣說明會)

1. 參加人數：本次出席人數 108 人。
2. 會場地址：高雄市鳳山區光復路二段 132 號。
3. 鳳山行政中心交通路線圖



4. 高雄場--(南區推廣說明會)辦理情形



圖 5.5-26 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-27 推廣說明會會場佈置



圖 5.5-28 台灣下水道協會 理事長/計畫主持人 開場致詞



圖 5.5-29 高雄市政府水利局 張士杰 主任秘書 致詞



圖 5.5-30 推廣說明會會場與會人員剪影



圖 5.5-31 高雄場--下水道工程職業安全衛生及局限空間災害特性與案例研析

主講人：蔡育龍/主任



圖 5.5-32 高雄場--下水道推進技術手冊研擬說明

主講人：王傳宗/董事長



圖 5.5-33 高雄場--推進模擬控制台操作體驗



圖 5.5-34 高雄場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗



圖 5.5-35 高雄場--VR 虛擬實境操作實務訓練體驗

附件一 推廣說明會 執行計畫書 核備函文



社團法人台灣下水道協會 函

受文者：內政部營建署

文日期：中華民國 108 年 3 月 25 日
發文字號：(108)下水字第 108019 號
達別：普通
密等及解密條件：普通
附件：如主旨

會址：11067 台北市永吉路 30 巷 167 弄 28 號

聯絡人：彭寄萍

聯絡電話：(02)2749-2487

傳真號碼：(02)2749-1348

主旨：檢送「下水道短(小)管直線推進技術手冊編制及虛擬實境模擬訓練系統研發」委託專業服務案推廣說明會執行計畫書，
請 鑒核。

說明：依本契約第八條第十七項相關規定辦理。

正本：內政部營建署

副本：本會秘書處

理事長

江黎明

副本

檔 號：

保存年限：

5/2 472

內政部營建署 函

機關地址：10556臺北市松山區八德路2段342號

聯絡人：邱祈富

聯絡電話：02-8995-3759

電子郵件：ccfu@cpami.gov.tw

傳真：02-8521-2923



110

臺北市信義區永吉路30巷167弄28號

受文者：社團法人台灣下水道協會

發文日期：中華民國108年4月29日

發文字號：營署水字第1080020977號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如主旨

(請至本署附件下載區<http://docDL.cpami.gov.tw/>下載附件，驗證碼：CV88MY)

主旨：檢送本署「下水道短(小)管直線推進技術手冊編制及虛擬實境模擬訓練系統研發」推廣說明會3場報名簡章，惠請踴躍報名參加，請查照。

說明：

一、隨函檢附推廣說明會3場報名簡章及課程表，相關場次地點及時間如下：

(一)台中場—中興大學圖書館6樓會議室(台中市南區興大路145號)—108年5月15日。

(二)台北場—臺灣科技大學國際大樓三樓IB302(臺北市基隆路四段43號)—108年5月21日。

(三)高雄場—高雄市政府鳳山行政中心多媒體會議室(高雄市鳳山區光復路二段132號)—108年5月22日。

二、惠請貴府踴躍派員報名參加，並請轉知承攬貴府下水道管線推進廠商派員參加。

三、本次推廣說明會將列入公務人員終身學習時數。

正本：6直轄市政府、臺灣省14縣(市)政府、金門縣政府、連江縣政府、經濟部工業局、東鑫龍營造有限公司、彥偉營造工程股份有限公司、翔益營造有限公司、

順捷營造工程股份有限公司、昌吉營造工程股份有限公司、嘉興營造工程股份有限公司、
有限公司、鑽程工程股份有限公司、有限公司、開源營造工程股份有限公司、德技華工程股
份有限公司、協高營造工程股份有限公司、有限公司、綠德環境工程股份有限公司、中佑營造工程股
份有限公司、道術協會、禮驅工程股份有限公司、真毅營造工程股份有限公司、國隆營造工程股
份有限公司、管道技術協會、有限公司、鴻祥營造工程股份有限公司、佑福營造工程股
份有限公司、司、營造工程股份有限公司、松竹營造工程股份有限公司、松東、
鉦亞新營造工程股份有限公司、豐順營造工程股份有限公司、帆宣系統科技股份有限公
司、營造工程股份有限公司、順豐營造工程股份有限公司、茂翔營造工程股
份有限公司、力揚機電工程股份有限公司、林同棧工程股份有限公司、陽明營造工程股
份有限公司、顧亞新營造工程股份有限公司、大武工程股份有限公司、裕昌營造工程股
份有限公司、慶耀營造工程股份有限公司、湧駒營造工程股份有限公司、振勝營造工程股
份有限公司、顧亞新營造工程股份有限公司、慶耀營造工程股份有限公司、中興工程科技股份有限公
司、邦工程股份有限公司、山林水環境工程股份有限公司、台灣分公司、萬銘工程科技股份有限公
司、司、美商大正營造工程股份有限公司、高輝營造工程股份有限公司、華盛營造工程股
份有限公司、永振農水泥製品股份有限公司、實做企業股份有限公司、慶隆營造工程股
份有限公司、永道營造工程股份有限公司、堆高營造工程股份有限公司、順鑫專營營造工程股
份有限公司、盛河營造工程股份有限公司、本署下水道工程處北區分處、本署下水道工程處中區
分處、本署下水道工程處南區分處

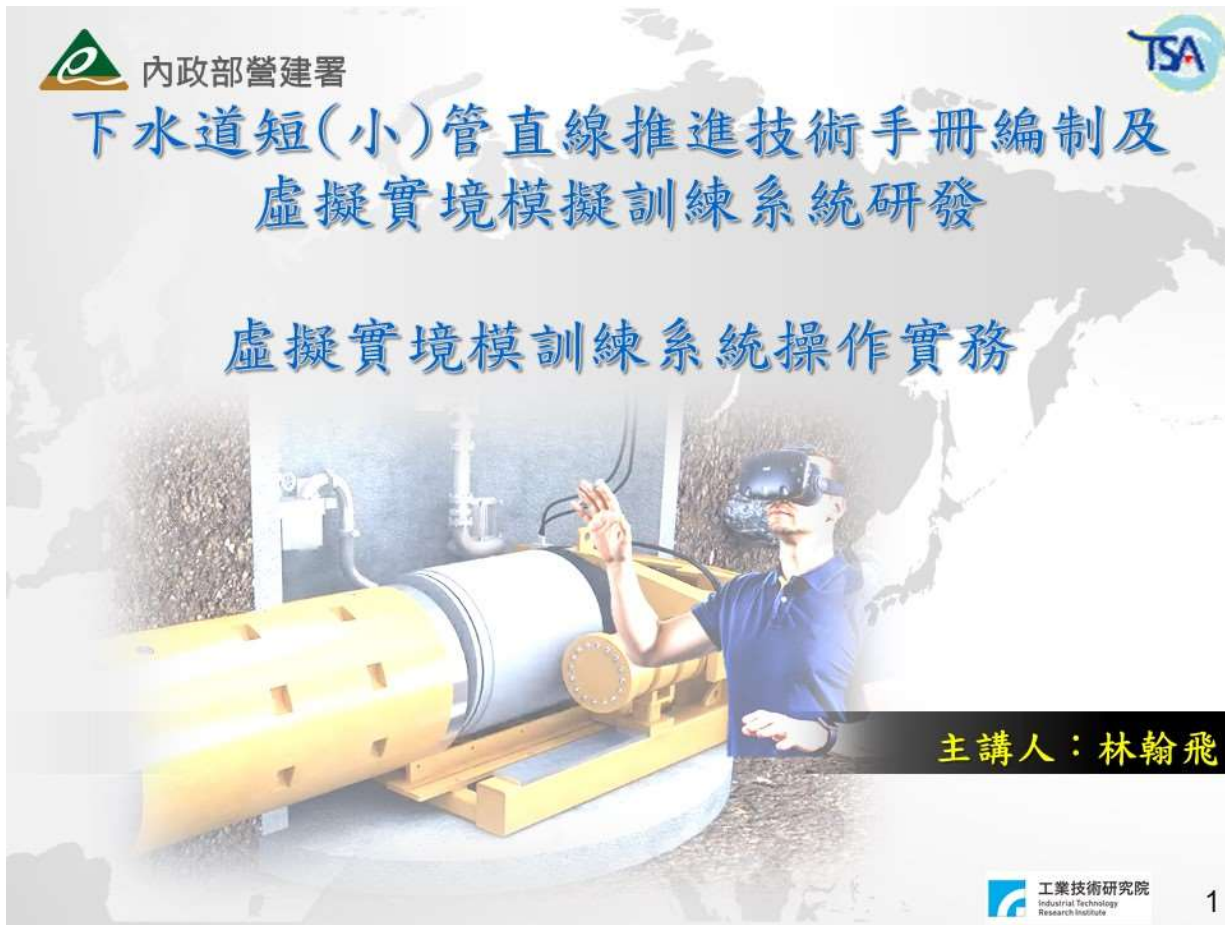
副本：社團法人台灣下水道協會、本署下水道工程處(三課、機電課)

署長 吳欣修

附件二 推廣說明會與會人員意見回饋

場次	意見回饋
台中場	VR 1. 沒有工作井安裝的教學，也沒有法線校正的課程。 2. 職安的內容應加上數值的判讀，如滅火器跟氣體偵測器的判讀。 3. 反力牆的安裝跟鏡面工程的教學應該也要納入 控制台 1. 推進方向修正應考慮高程因素，以確保推進方向的控制正確 2. 旁通閥的控制影響泥水流向，應加上更詳細教學內容，讓學員容易了解
台北場	VR 1. 手部動作有時反應不佳，應在學習前用別的教學內容先讓學員了解如何進行操作 2. 建議整個學習的流程可以更連貫 3. 泥水式推進方法另一個重要的工作是作泥，應該要有作泥手的教學 控制台 1. 學員要學習的話是不是得到某個機構才能學習？ 2. 推進時的聲音要跟地質連貫，聲音判讀是滿重要的推進參考。
高雄場	VR 1. 在操作前應該先有 VR 的介紹，讓學員多了解 VR。 2. 戴的時候會往下滑，畫面會糊掉。 3. 檔板的操作，無法整個拿取，跟真實操作有差異。 控制台 1. 泥水流量跟管徑大小、幫浦大小以及地質有關，應加上這些參數。 2. 電流異常的現象應該可以設定自動停機，而不是人工手動去停機。

附件三 教育訓練簡報資料



內政部營建署

TSA

下水道短(小)管直線推進技術手冊編制及
虛擬實境模擬訓練系統研發

虛擬實境模訓練系統操作實務

主講人：林翰飛

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

1



內政部營建署

簡報大綱





一 虛擬實境介紹

二 VR操作介面說明

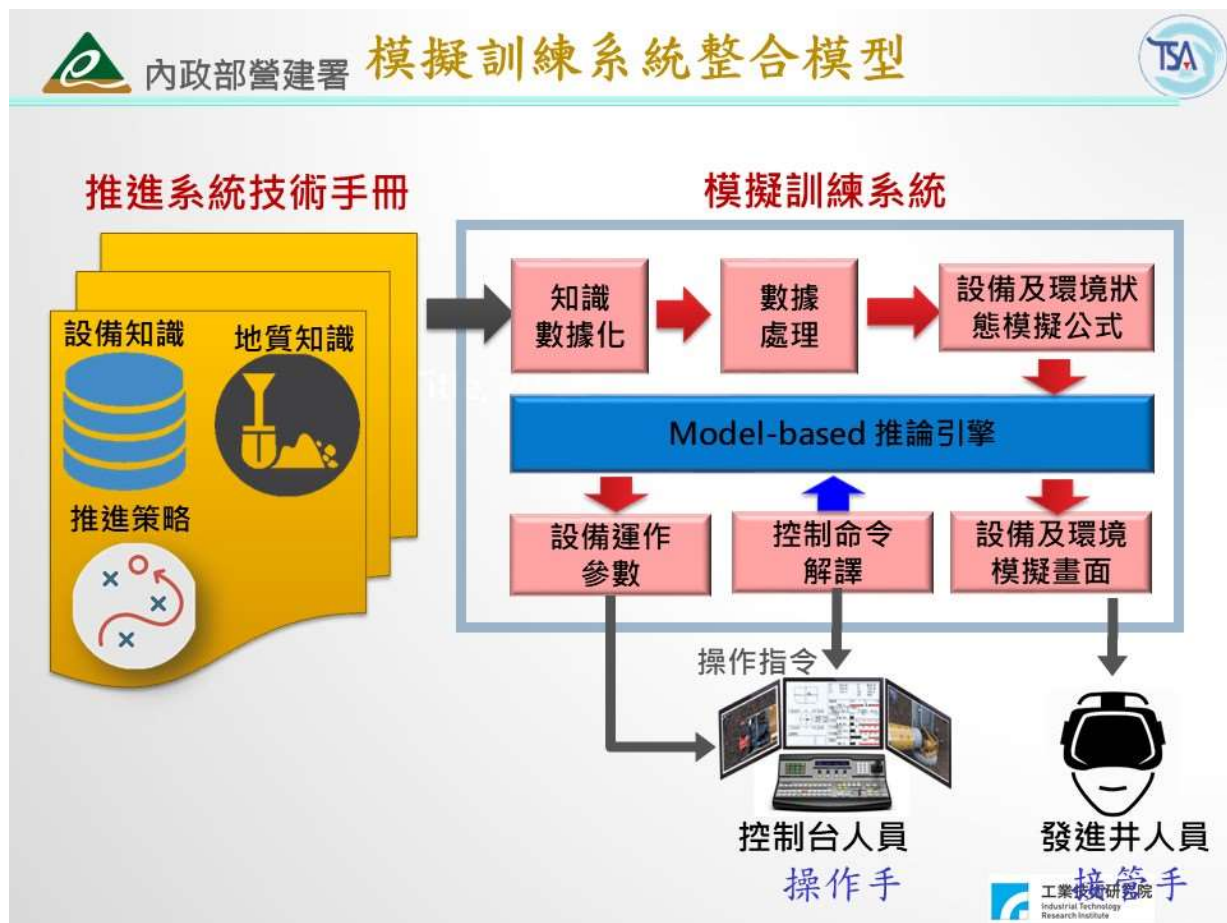
三 訓練腳本說明

四 實機操作



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

2





內政部營建署

虛擬實境介紹





HTC Vive Pro

1. 高解析度
2. Light house 空間定位
3. Leap Motion 手勢辨識
4. 無線傳輸



工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

4



內政部營建署

VR操作介面說明



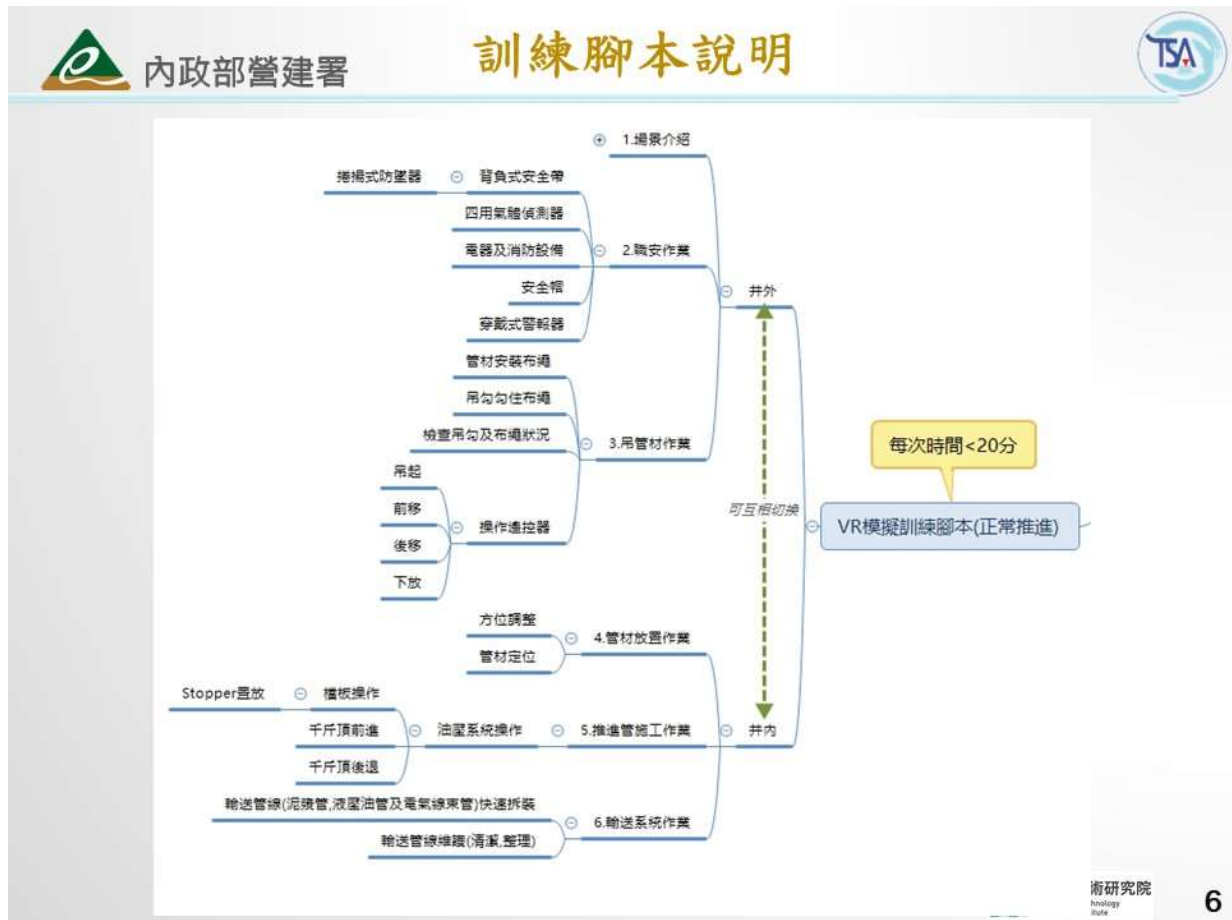
手勢操作

1. 握緊拿取
2. 張開手掌推
3. 手指按壓
4. 左手比OK



眼睛注視

1. 注視物品，等待讀取條











內政部營建署

職安作業



職安物品說明



模擬場景



配戴項目：
安全帽
反光背心
氣體偵測器
生命偵測器
背負式安全帶
防墜器

檢查項目：
滅火器
急救箱
排風管
人員進出管制牌

未配帶防墜器，會有墜落的危險

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

10





內政部營建署



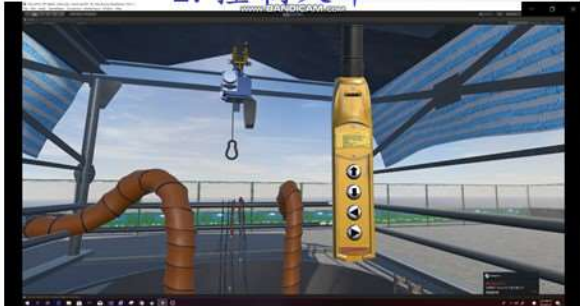
TSA

吊管材作業(含管材放置作業)

1. 布繩檢查



2. 控制天車



3. 於退避設施等待管材吊下



4. 調整管材方向





工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

12



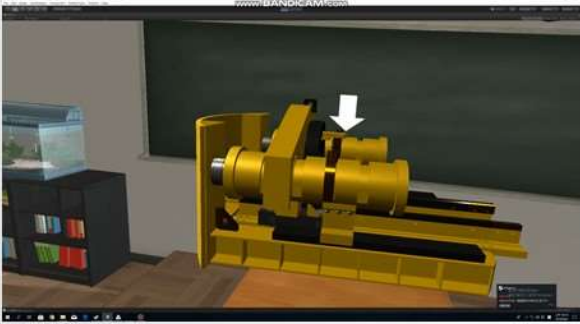


內政部營建署

推進管施工作業



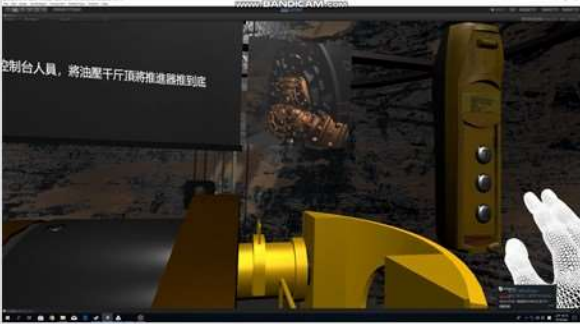
1. 擋板操作說明



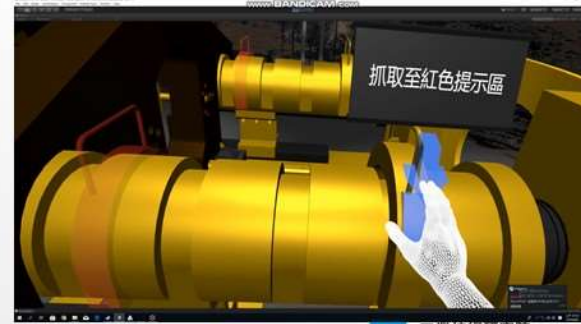
2. 點選操作

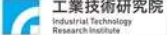


3. 推進機控制(前進/後退)



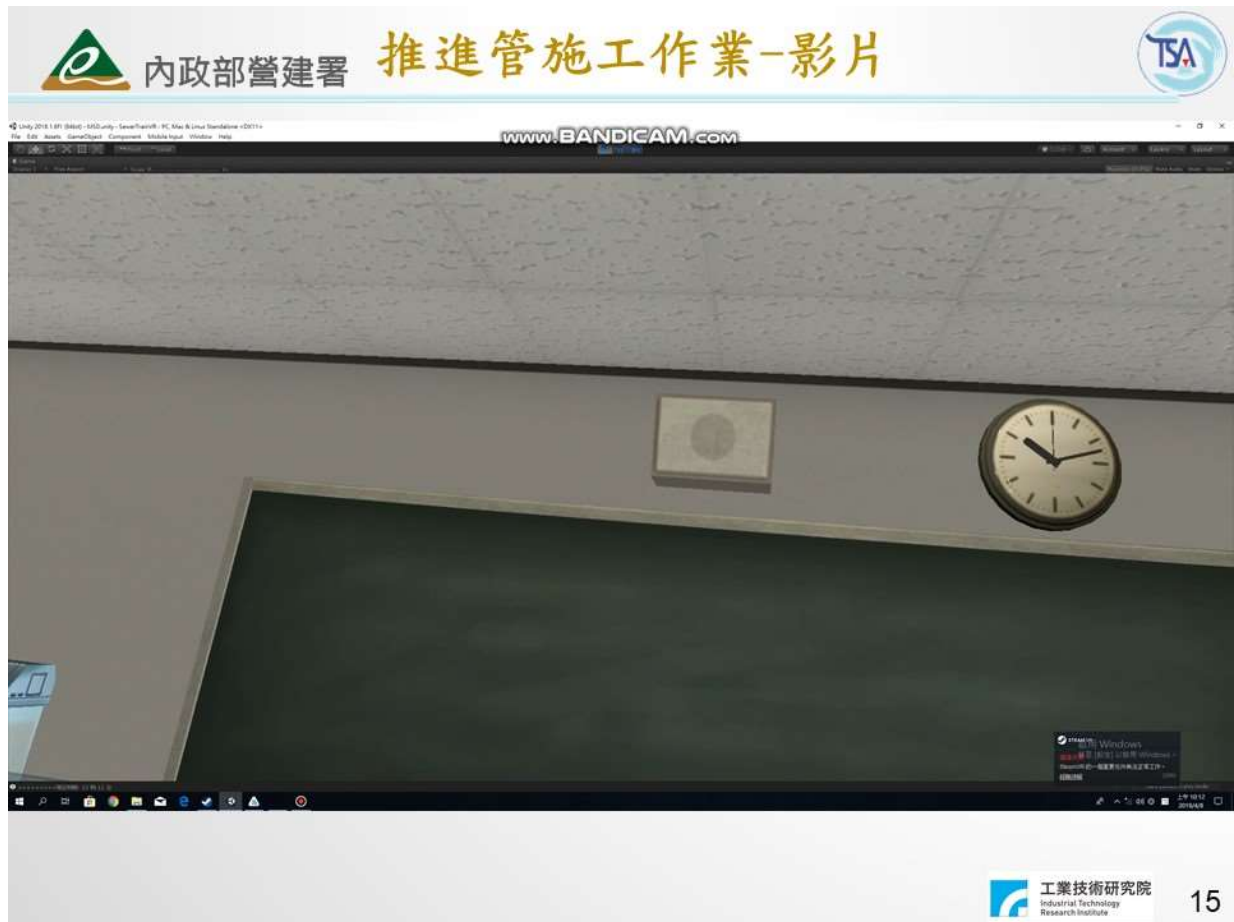
4. 抓取擋板，從藍色到紅色位置





工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

14



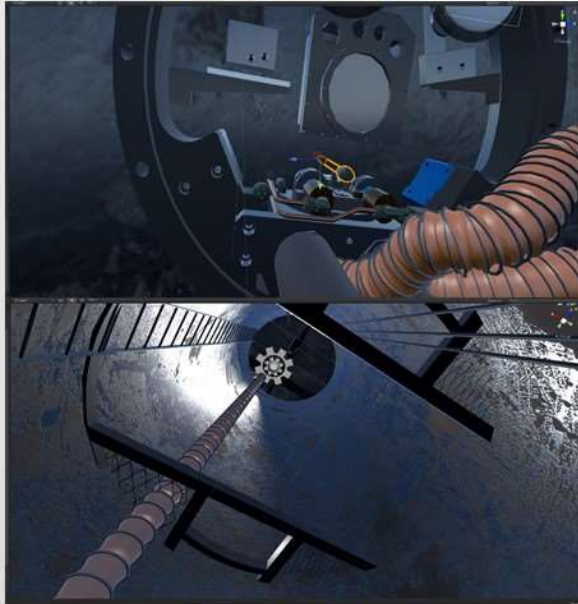


輸送系統作業



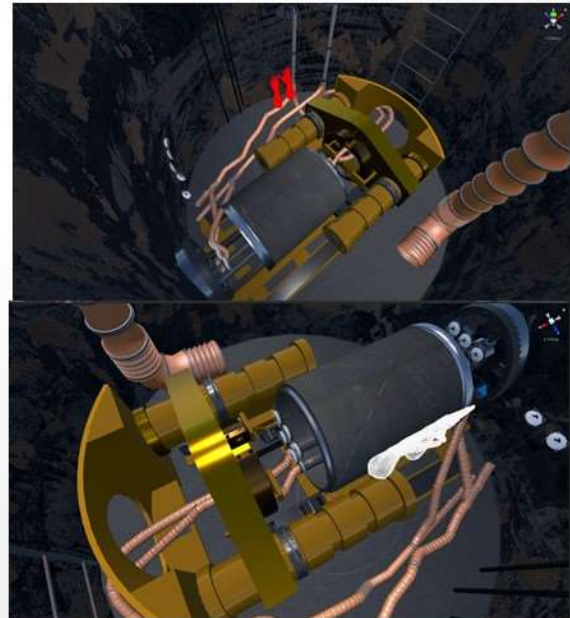
在換管的階段進行輸送系統的作業，包含三種電器訊號的接法、送排泥管的接法以及紅龍管的接法

1. 送排泥管操作



3. 電器訊號線操作2

2. 電器訊號線操作1



2. 紅龍管操作

工業技術研究院
Industrial Technology
Research Institute

16



內政部營建署

相關業者體驗



- 勝典科技-邱士芸 副總
 - 手勢互動的體驗很好
- 旺捷數位-林閔瑩 總監
 - 場景沉浸感配合無線傳輸幾乎無延遲，建議提示內容可以多元一點
- 傳盛自動化-李傳偉總經理
 - 訓練內容專業，程序完整度高



勝典科技
OVER-PARADIGM



AR/VR科學教育應用





WEJUMP
Augmented Reality







AR/VR工廠設備維修與教育訓練系統



CHUAN SHENG







VR駕駛起重設備專業訓練

附件四 營建署長官體驗與指導

曾淑娟副處長體驗 VR 下水道訓練內容



陳志偉處長體驗 VR 下水道訓練內容



於望聖副主任體驗 VR 下水道訓練內容

