

溫室內部雙軌道式自動噴霧裝置改良研究¹

陳令錫² 龍國維²

摘 要

鋼索軌道架設程序簡化可以縮短施工時程，降低製作成本，同時畦上沒有鋼索支撐桿，對溫室內其他作業不會有干涉現象。開發完成的寬跨距雙鋼索軌道式自走自動噴霧裝置，每棟施工可較舊式節省66%工時，以及節省施工成本11,000元。此裝置配合變頻器、定時器及電磁閥等電氣元件，可達成無人操作定時自動作業效果。變頻器頻率調整範圍從40 HZ至120 HZ，則噴架速率可調整自1.25 km/hr至3.6 km/hr。噴霧壓力在20 kg/cm²條件下，6只省產扇形噴頭出水量為10公升/分鐘。試驗溫室尺寸為38 m長，6 m寬，其施噴量隨噴架速率變化從18公升降至6.2公升，使用者在設定幫浦壓力之後，可簡易且有效地控制施噴量。

關鍵字：溫室、自動噴霧、省工。

前 言

設施內自動噴藥裝置在民國八十一年開發成功⁽²⁾，該裝置外觀結構簡單，使用有省工、省水、噴施均勻和成本低等優點。田中鎮大地農園經長時間使用後，發覺優點頗多，陸續增建溫室培植玫瑰扦插苗，均裝設此一自動噴霧設施，採日夜間不同時間間隔定時噴灌全自動省工模式作業，4棟連棟溫室噴灌灑水全自動無人化操作，近三年使用期間除有近接開關失效造成系統停機情形之外少有其他問題。該系統由水泥柱支撐鋼索軌道拉力，和鋼索軌道架設在溫室上空，裝設施工不易，是推廣之阻力所在，水泥柱裝設施工必須由專人利用特殊工具施工，而架設溫室上空用來支撐鋼索軌道的數組支架之施工及其索距調整亦耗工費時。因此針對以上費工缺點，著手改良較為容易施工調校的雙鋼索軌道自動噴霧系統。

材料與方法

試驗材料

一、溫室

由大地農園張良賜先生提供四棟連棟圓型鋁管溫室供裝設試驗改良，每棟溫室長37.9 m，寬5.9 m，高3.8 m。

二、自走裝置之架設

民國81年試驗完成設施內自走自動噴霧雛型裝置，設備採水泥柱架設鋼索軌道於設施內部2.3 m高處⁽²⁾，在推廣時遭遇施工調整校正不易的缺點，為突破推廣瓶頸，研究開發施

¹ 臺中區農業改良場研究報告第 0396 號。

² 臺中區農業改良場助理、助理研究員。

工簡易之寬跨距雙鋼索式自動噴霧系統。配合田中鎮農會選定試驗地點在大地農園七連棟溫室中的四棟，每棟長約38 m，寬約6 m，四連棟試驗田面積約1分地。溫室內裝設結構配置如圖一，包括軌道、噴霧行走架、絞盤鋼索驅動總成、藥液輸送管路組件及電氣控制面板等、絞盤鋼索驅動總成如圖二，為原來鋼索驅動方式。每棟均架設雙平行鋼索軌道一組，軌道跨距540 cm，每條鋼索軌道距設施內側壁25 cm，距地面高度160 cm，分別裝設於設施兩側，縱向懸垂於設施側壁12組鋼索支撐架上；噴霧行走架一組架設於軌道上；由一組絞盤鋼索驅動總成牽引帶動；高壓軟管及軟管支撐滑輪由另一條鋼索吊載，組裝於噴霧行走架上方；以及電磁閥一只置於幫浦出水口處等組件構成。四連棟溫室考慮降低成本及操控方便，泵浦、水桶及電氣控制盤為共用件。每棟包括外徑10 mm鋼索軌道二條、垂直支架八組、水平支架四組、噴桿行走架一組及絞盤驅動總成一組，共架設四棟計四組。

三、噴霧管路組件

每棟包括 ϕ 8.5 mm噴管1條、噴管支撐鋼索1條、塑膠滑輪20只、噴桿1支及噴頭6只、球閥開關8只、電磁閥1只及主泵浦1只供應4棟所須用水量。

四、連棟電氣控制系統

採定點主控模式，由主控箱全盤操控4組噴霧裝置，按控制策略不同可達成手動/自動及單棟/連棟操作模式，並具日間及夜間二只定時器分別設定日間及夜間噴霧間隔，操作使用極具彈性。

試驗方法

於架構組裝完成後測試電氣控制功能、噴霧耗水量和噴架移動速率等基本性能。

一、噴霧耗水量測試

選一組噴桿裝設六只國產扇型噴頭，採水桶水位下降目視經過校正的水桶刻度，量測累積時間，評定噴霧之單位時間流量率，流量會因不同的管路壓力而變，改變泵浦壓力值在10、15、20和25 kg/cm²，重複噴霧耗水量測試及量測噴頭端壓力數值。

二、噴霧架移動速率測試

本裝置具備速度調整功能，在電氣控制箱調整變頻器輸出頻率後選一組噴霧架量測噴霧行走架之速率反應結果，並配合噴霧耗水量測試結果，進一步分析單位面積噴量。

三、控制功能測試

電氣控制箱多棟連線現場操作測試，驗證系統穩定性，比較人工手動和自動操作的複雜性和便利性，並擬定操作說明資料，減少操作人員與控制面板間的陌生感，增加親和性。

結果與討論

改良架設方式之成本比較

新架構與民國81年之試驗原型比較裝設成本相異項目，比較結果如表一，表中顯示新架構節省人工成本66%，含水泥柱施工成本累計每套節省11,000元，舊型需架設水泥柱支撐鋼索軌道拉力，並且6組中間的鋼索支撐架裝在溫室上空，施工及調整校正所需成本較高。

寬跨距軌道式具有施工容易，調整簡單等優點，於84年3月改裝完成使用至今約30次，沒有脫軌故障記錄。

表一、新舊型架設施工及成本比較

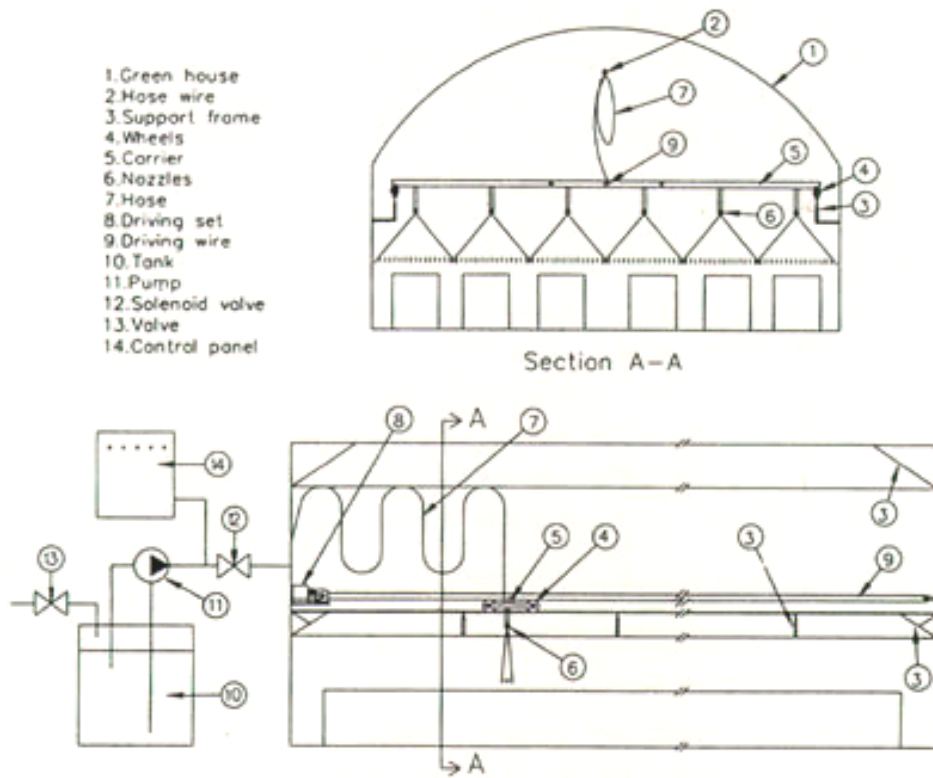
Table 1. Comparison of assembling cost of auto-spraying equipment

	Type			
	Old		New	
	Quantity	\$NT	Quantity	\$NT
Laborcost(day)	1	2000	1	2000
Labors(man)	3	6000	1	2000
Cementpost	4	6000	--	--
Ropeway	2	1000	2	1000
Supportframe	6	3000	12	2000
Carrier	1	2000	1	2000
Drivingset	1	6000	1	6000
Hose	1	5000	1	5000
Pump	1	15000	1	15000
Solenoidvalve	1	3200	1	3200
Tank	1	1200	1	1200
Controlpanel	1	15000	1	15000
Total		63400		52400

電氣控制功能設計及測試

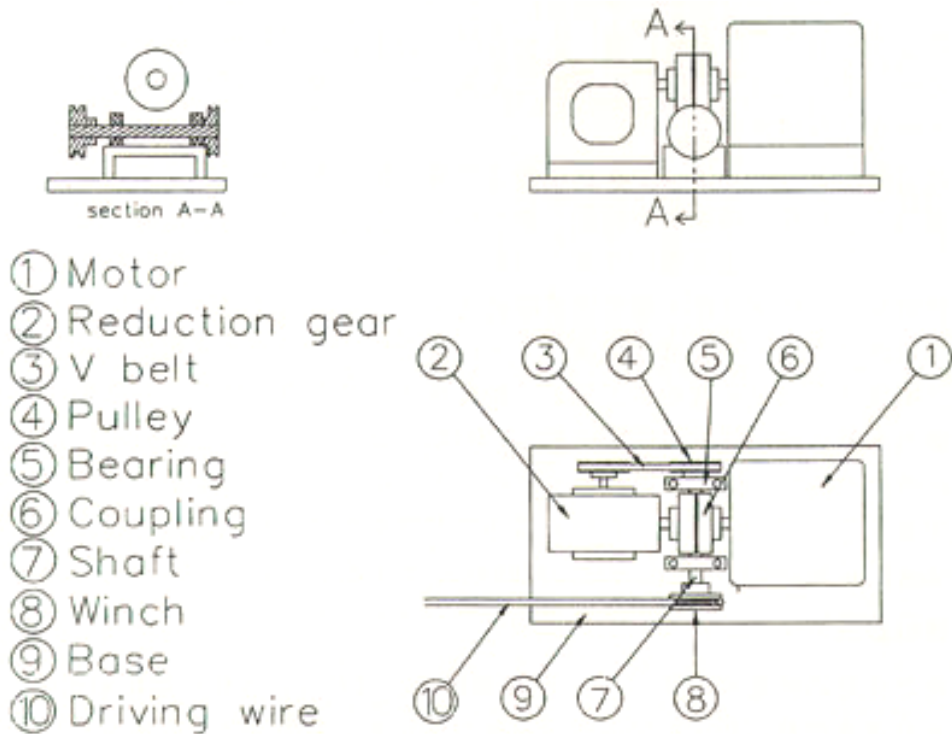
本套裝置設置功能主要設定在溫室內育苗噴灌灑水，其次才是病蟲害防治噴藥作業，電氣控制功能設計必須考量育苗噴灌作業使用頻率較病蟲害施藥作業為高，每日作業次數和每次施噴量會隨栽培作物不同及大氣環境氣象條件不同而改變^(1,3)，電氣控制邏輯設計和採用變速電氣元件可配合機械結構達成施噴間隔彈性作業和控制施噴量之要求。在植物需水生理條件資料未建立及介質水分測定技術尚未成熟之時，利用人工經驗研判設定施噴間隔方式為最有效方法之一。手動及自動操作模式如圖三及圖四所示，操作者可按照流程圖，配合簡潔的控制面板，操作使用相當容易。

手動及自動操作方法比較：手動模式每次單獨控制一套設備，操作者決定噴霧溫室編號在控制面板輸入，按壓正轉或逆轉按鈕，便可移動噴架，一棟作業完成後，可比照上述手動操作程序，進行其它各棟溫室噴霧作業；自動模式為啓動前先將各棟噴架移到溫室同一側，各棟電磁閥開關切於OFF位置，設定溫室編號後，按下啓動鈕便執行自動模式，操作者不必一棟一棟按鈕操控作業。平時灑水噴灌作業使用自動模式，控制系統可依日間及夜間不同時間間隔進行噴灌作業，可確實地省工無人自動化操作；當要噴農藥防治病蟲害時，改爲人工手動模式操作，操作流程雖較自動模式複雜，但整套裝置執行農藥施噴效率卻是人力施噴所不及⁽⁵⁾。同時此一控制盤面板有經濟低成本和操作元件簡單明瞭的優點，適於一般須求基本功能的使用者，假如不考慮成本，在提昇操作控制層級和控制規模較大之場合，採人機介面(Man Machine Interface)也是很好的方式，操作親和性就更提昇了。



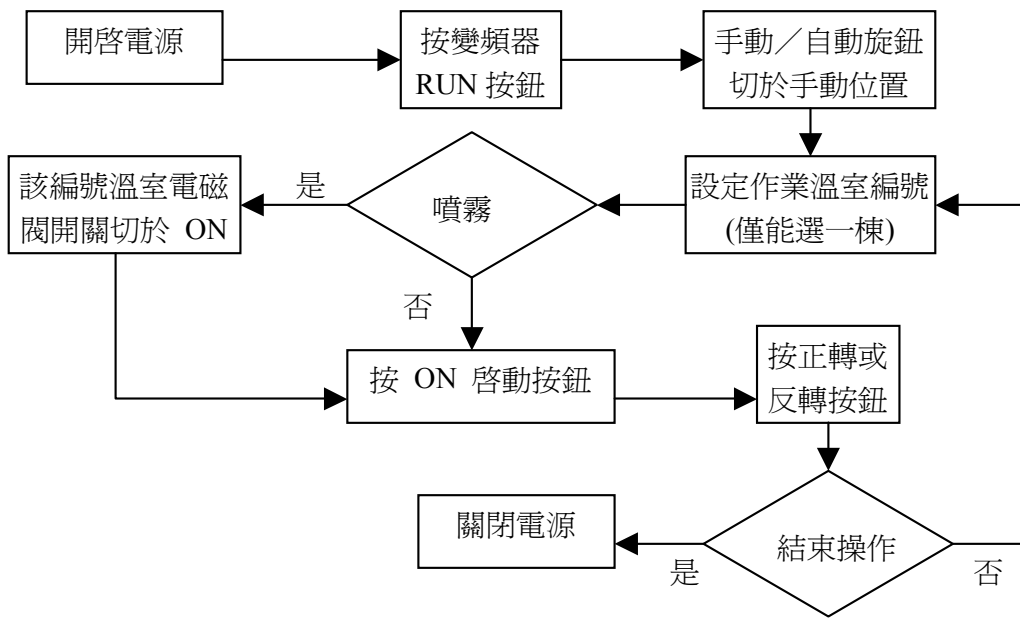
圖一、自走自動噴霧裝置架構。

Fig. 1. Sketch of automatic spraying device in greenhouse.



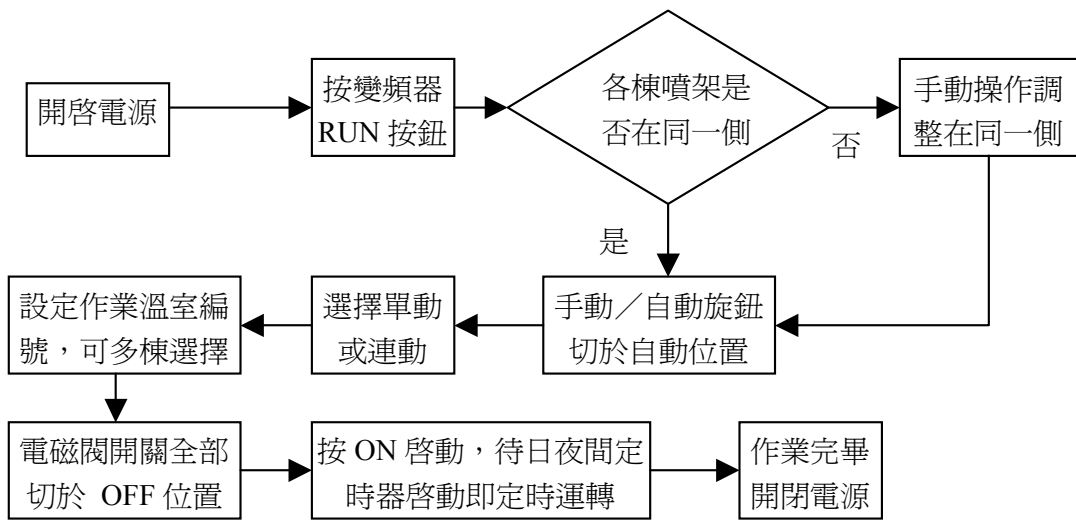
圖二、絞盤鋼索驅動總成

Fig. 2. Assembly of winch driving set.



圖三、手動操作流程

Fig. 3. Manually operating flow chart.



圖四、自動操作流程

Fig. 4. Automatic operating flow chart.

噴架移動速率測試

該裝置之自走功能電控元件，採一部變頻器輸出電源供應各組絞盤驅動總成的三相1/4 hp馬達，具有速率調整功能，控制噴霧行走架的移動速率來調整施噴量是本系統最主要功能之一^(4,6)，根據現場操作使用經驗得知調整施噴量的方法有調整管路壓力和調整自走移動速率二種。調整管路壓力除了會改變噴量之外，施噴霧滴粒徑大小、霧滴飛行速率和噴嘴磨耗量等易受變動影響；而調整噴霧行走架移動速率則不會有以上的負面影響產生，並且變頻器輸出穩定確實，調整精度高，施噴量控制範圍大，茲將測試結果彙整如表二，移動速率從1.25 km/hr到3.6 km/hr，採用變頻調整速率有穩定的輸出效果。舊架構採用直流馬達，

改變其輸入電壓以調整速率，調整範圍在1.35 km/hr至3.06 km/hr之間，並且2 km/hr至2.5 km/hr之速率區間有較佳噴藥效果⁽²⁾，本系統亦已涵此速率範圍。

表二、變頻器面板頻率值與噴霧行走架移動速率之關係

Table 2. Relation between inverter frequency and carrier speed

	Inverter frequency (HZ) ¹								
	40	50	60	70	80	90	100	110	120
	Carrier speed (km/hr)								
Forward	1.25	1.58	1.9	2.21	2.51	2.81	3.09	3.37	3.62
Backward	1.25	1.58	1.9	2.20	2.51	2.79	3.08	3.35	3.60

¹ Inverter: MIKI Pulley VI.

噴霧量測試

噴霧行走架上裝六只國產扇型噴頭、噴霧角度90°，噴嘴尺寸1.0 mm×0.5 mm，泵浦型式為WL-50。首先以5公升量杯乘水倒入40公升水桶，每5公升劃一刻度，以此一校正容量水桶來測試噴霧管路出水量對耗費時間的關係，以測量整組噴桿的單位時間出水流量，並變換泵浦壓力值，紀錄泵浦出口壓力及噴頭入口壓力，比較不同壓力間的出水流量變化，據此配合噴霧行走架移動速率以求出單一棟溫室施噴量如表三，此表在實際田間應用上極為重要，具有調整施噴量的參考價值，操作人員可在設定泵浦出水壓力後，按照施噴量查表調整噴霧行走架移動速率。當設備使用一段時間或更換其它型式新噴頭，均需重測，建立新數據，確保施噴量正確。

舊架構之噴架配置方式為5畦溝5支垂直噴桿，每支噴桿裝4粒噴頭，在溫室內橫斷面立體噴灑藥液，新架構裝設6只扇型噴頭，噴頭垂直向下，為設施內水平直線型向下噴灑作業方式，兩者噴架結構不同，因此不比較其噴霧量差異。

表三、泵浦出水壓力與噴架移動速率對溫室施噴量的影響

Table 3. Effects of pump pressure and carrier speed on spraying quality

Pump pressure ³	Nozzle Pressure	Flux ²	Spraying quality (Liter) ¹								
			Inverter frequency (HZ) ⁴								
			40	50	60	70	80	90	100	110	120
			Carrier speed (km/hr)								
(kg/cm ²)		(liter/min)	1.25	1.58	1.9	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.6
25	21.8	11.28	20.4	16.2	13.5	11.7	10.2	9.16	8.31	7.6	7.07
20	16.5	9.94	18.0	14.3	11.9	10.3	8.99	8.07	7.32	6.7	6.23
15	13.2	8.40	15.2	12.1	10.0	8.72	7.60	6.82	6.19	5.66	5.27
10	9.5	7.10	12.8	10.2	8.48	7.37	6.42	5.75	5.23	4.78	4.45

¹ Greenhouse area: 228 m² (38m x 6m).

² Nozzle: 6 sets, flat spray pattern, orifice size: 1.0 mm x 0.5 mm.

³ Pump: Model WL-50, spraying pressure: 21~35 kg/cm²; flow rate: 26.5~40 liter/min.

⁴ Inverter: MIKI PULLEY VI.

結 論

寬跨距雙鋼索軌道式自走噴霧系統之鋼索軌道架設在簡易鋸管溫室兩側，距地約1.6 m高，架設施工調校容易，已將原先施工不易的缺失改善，減少組裝工資一萬一千元，佔新架構成本之20%，並且噴霧軟管由另一鋼索及塑膠滑輪支撐，植床上沒有其他結構物，對育苗業者進出貨作業之搬運機械化不會有影響。噴架移動速率在1.25 km/hr及3.6 km/hr間，配合不同噴頭和配置方式有不同的施噴量，使用者只要固定幫浦出水壓力後，查表調整噴架移動速率便能控制施噴量，操作簡單便利，同時控制系統具有可以設定不同時間間隔定時實施自動噴施功能，自動化地彈性調整施噴次數，控制施噴量，實用價值高。

本篇重點在結構改良、噴霧行走穩定性能、單位面積噴量及控制策略之探討，當自動自走功能使用在不同環境時，使用者會按栽培作物種類和噴灌條件不同，要求設計不同噴架結構，噴霧分佈均勻性(spray pattern displacement)應予另行試驗研究，因此不在本篇討論。

誌 謝

本研究承蒙行政院農委會84-自動化-糧-05 (15-3)及台灣省政府農林廳補助研究經費，國立中興大學合作輔導，田中鎮大地農園張良賜先生熱心提供試驗場地，農機研究室李安心協助製圖，吳惠珍電腦打字、吳順進、簡茂村等協助測試，始得完成本試驗，謹此致上由衷謝忱。

參考文獻

1. 宋妤 張武男 1993 蔬菜設施育苗技術 p.109~116 亞熱帶地區蔬菜設施栽培技術 郭孚耀主編 台中區農業改良場編印 台灣彰化。
2. 陳令錫 龍國維 田雲生 1992 簡易設施低成本省工自動噴藥裝置之開發 台中區農業改良場研究彙報 35:11~24。
3. 黃泮宮 張武男 1994 夏季蔬菜穴盤育苗技術之研究 海峽兩岸蔬菜耐熱與抗病栽培育種研討會摘要 國立中興大學編印 18-1~18-29。
4. 松尾昌樹 內野敏剛 1989 ハウス内煙霧下での垂直電極走行式靜電防除システム 日本農業機械學會誌 51(5):47~53。
5. 濱田玲子 今井克彥等 1986 施設における農藥散布方法とその特性(第2期) 愛知農總試研報 18:247~254。
6. Ghatge, S. R. and C. D. Perry. 1994. Ground speed control of pesticide application rates in a compressed air direct injection sprayer. Transactions of ASAE 37(1):33-38。

Improvement of Wide Span Twin-wire-rail Auto-spraying Equipment in Greenhouse¹

Ling-Hsi Chen and Gwo-Wei Long²

ABSTRACT

Simplify the assembling process of twin-wire spraying equipment could reduce labor and cost. Move the wire rails near the wall of greenhouse can provide an open space to the plant, and be easier to fix and calibrate the wire rails. The development of the wide span twin-wire-rail automatic spraying equipment associated with motor inverter, timer and solenoid valve can carry out the spraying work on time automatically. The new design also can save 8 hours of assembling time and NT\$11,000 assembling cost of each set. The spraying nozzles on carrier can move from 1.25 - 3.6 km/hr as the frequency of inverter change from 40 HZ to 120 HZ. There are 6 flat spraying pattern nozzles have 10 liter/min flow rate at 20 kg/cm² pump pressure. The spraying volume in the greenhouse with 38m length by 6m width is adjustable from 18 liters to 6.23 liters, depend on moving speed of nozzle carrier. The spraying volume can be adjusted accurately and effectively by this equipment under user.

Keywords: greenhouse, auto-spray, labor-saving.

¹ Contribution No. 0396 from Taichung DAIS.

² Assistant and Assistant Engineer of Taichung DAIS, respectively.