

# 機械設計原理

## 大型管內孔自動量測裝置

### 期末報告

蘇英傑 B08502020

楊士賢 B08502026

林崇旭 B08502080

郭偉森 B08502110

李承衍 B08502147

# 目錄

一、	期中改良.....	1
二、	零件規格.....	9
三、	3D 模型.....	19
四、	部件設計.....	20
五、	總體組裝.....	34
六、	物料清單.....	35
七、	安全分析.....	38
八、	效能評估.....	42
九、	參考資料.....	44

# 一、期中改良

## 期中設計

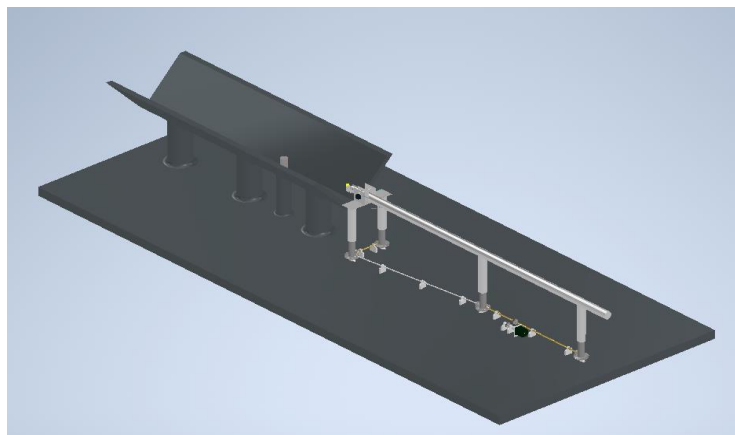
先前的期中報告先是調查了市場上各種現有的產品作為我們設計的參考依據，並根據精度、速度、適應性、尺寸、價格……等等面向來評估，選出較適合我們產品的部件，結果為：

- 感測器：光學式
- 測圓中心：V 型外徑量測機構
- 抬升機構：螺桿
- 管內量測：感測器旋轉+Z 軸移動機構——齒條
- 管內支撐：三角支架

材料選擇的部分則是依據不同材料的降伏強度、楊氏模數、延展性……等等參數，來選擇各部位適合的材質，結果為：

- 基座：Pure Steel
- 齒輪、齒條&螺桿：Stainless Steel
- 量測桿&套筒：Al
- 三角支架：Pure Steel

最終，期中的設計如圖一。



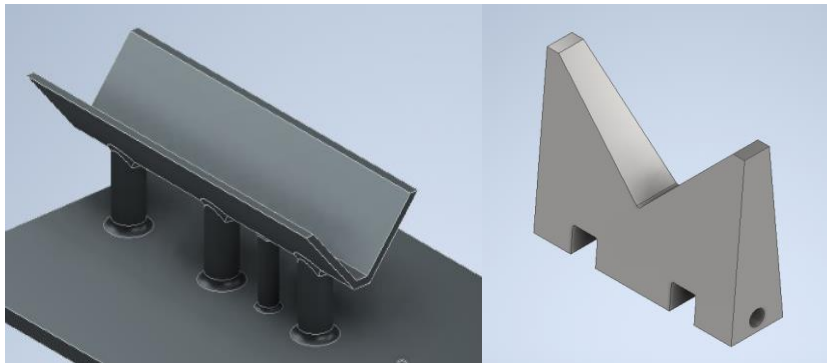
圖一、期中 3D 模型

然而，根據教授的回饋與我們自身稍作測試的結果，可發現許多實際操作上的問題，因此我們沿續之前的計劃，如下表，全面改良設計，並使用了更多市面上現有的商品來加強我們產品運作的穩定性。

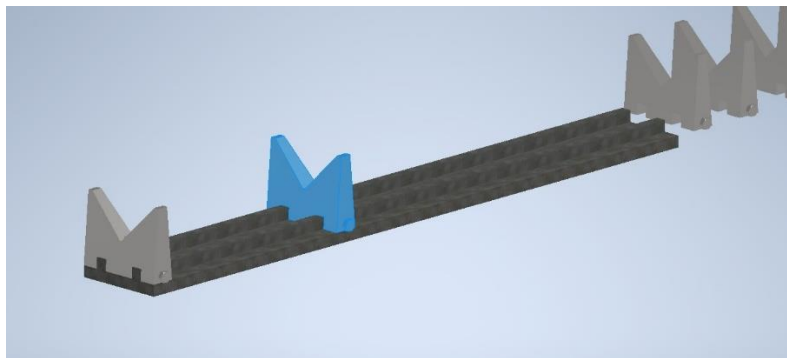
week	date	task	content	check point
1	9/23	蒐集現有設計資料	Introduction	V
2	9/30	彙整資料，進行分析並製作簡報	Project planning (A#1)	V
3	10/7	開會，討論分析各設計的適用性	Design survey (P#1) (A#2)	V
4	10/14	設計發想與評估，完成初步設計定案	Concept evaluation (A#3)	V
5	10/21	完成 cad 圖，選擇材料，設計 prototype，拍攝期中報告影片	Materials (A#4)	V
6	10/28	完成期中書面報告	Midterm presentation (P#2)	V
7	11/4	持續完善設計	Midterm presentation (P#2) (R#1)	V
8	11/11	進行力學分析	Stress & deformation (Q#1)	V
9	11/18	效能評估	Combined stresses (Q#2)	V
10	11/25	市場評估	Fatigue (Q#3)	V
11	12/2	確認最終設計及材料	Midterm Exam (E#1)	V
12	12/9		Belt (Q#4)	
13	12/16	完成 3D 建模與動畫	Chain (Q#5)	V
14	12/23	完成期末報告	Final presentation (P#3)	V
15	12/30		Final presentation (P#3) (R#2)	
16	1/6		Final Exam (E#2)	

## 改良

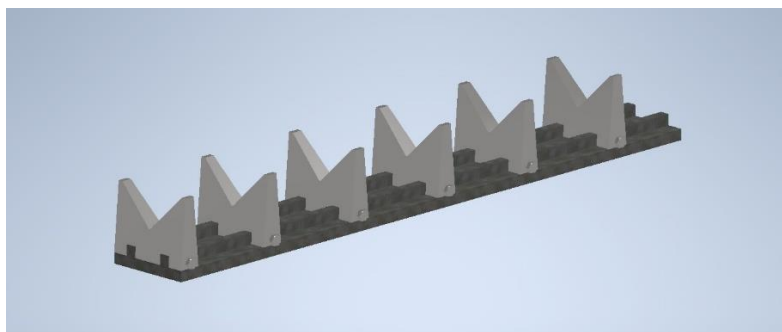
1. 原先支撐被測管件的 V 型支架設計可能於管件放置後產生 Bending，支架變形進而導致測圖誤差變大，因此我們改為使用可拆卸的不連續式梯形支架，上底一樣切削成 V 型以支撐管件並確保管件位於 X 軸中央，如圖二。
  - (1) 底部較厚的設計可避免滑動以及支架的變形。
  - (2) 不連續設計可減少耗材。
  - (3) 模組化設計，如圖三、四，可依使用者需求自行增減支架數量。



圖二、管件支架改良前後對比

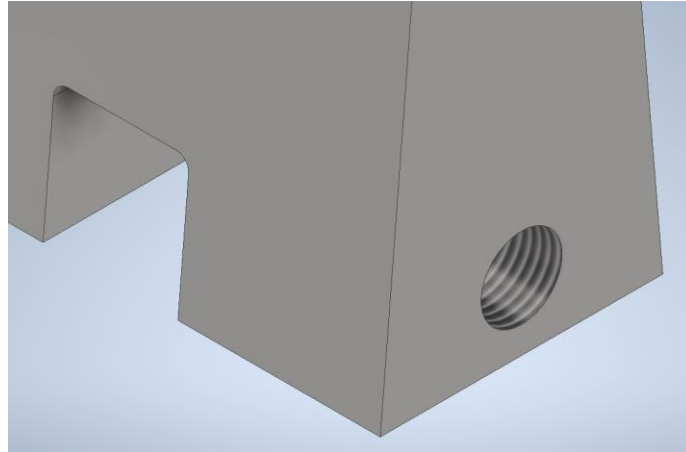


圖三、管件支架模組化

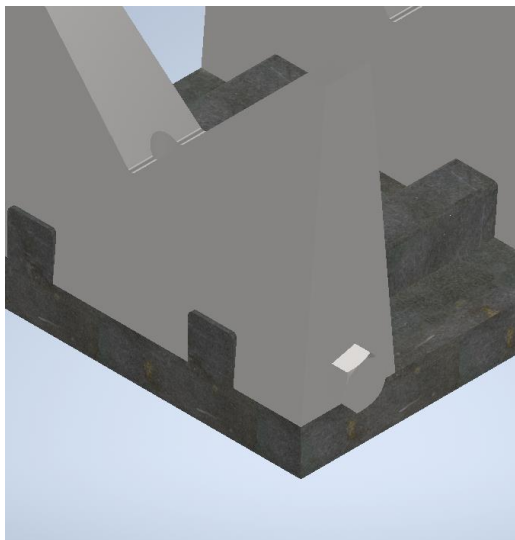


圖四、裝設完成全貌

2. 在管件支架基部設計螺孔，如圖五，用 M30 六角螺栓以摩擦力固定於與梯形支架配套的底滑軌，從兩滑軌外側夾持，如圖六，螺栓尾端可加裝橡膠片增加摩擦力，為梯形支架 Z 方向的固定再多上一層保障。

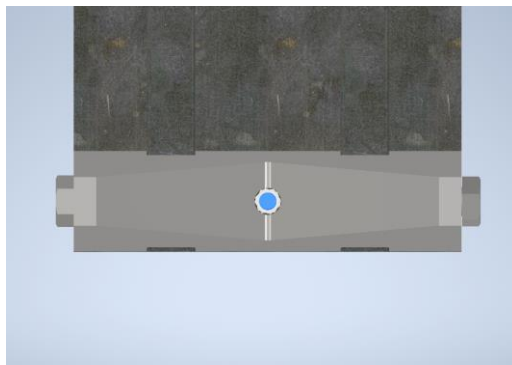


圖五、支架基部螺孔



圖六、螺栓夾持

3. 第零號支架固定於底座不可滑動，並內置感測器搜集管件外徑數據，如圖七，採用的是 SICK 公司的 UM18 超音波感測器，如圖八，高 52.7mm，最大外徑約 20mm，體積小且功能相當符合我們的需求。
- (1) 超音波感測器與原先使用的機械式外徑感測器相比，精度較高，能進而確保後續管內感測的精確度。
  - (2) 原有的機械式感測器以彈簧形變為量測方式，若被測管件為小型管件，則可能對管件的 Y 方向位置產生影響，超音波感測器能有效規避此問題。
  - (3) 彈簧式量測在伸縮時可能有歪斜或受旁側壁面摩擦力影響而失準，超音波感測器則不會。



圖七、內置感測器



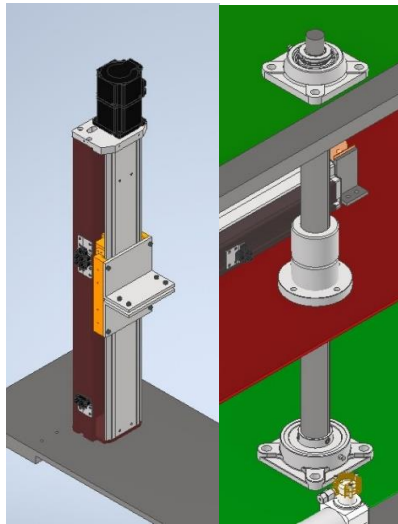
圖八、UM18 超音波感測器

4. 管件內部的量測改用 RF602 系列的雷射三角測量傳感器，如圖九，原因是原先的 RF603 系列所能量測的最短距離不能符合我們設計目標所需量測的最小管件內徑，因此改為 RF602 系列，再根據不同管件更換此系列中不同型號的感測器。



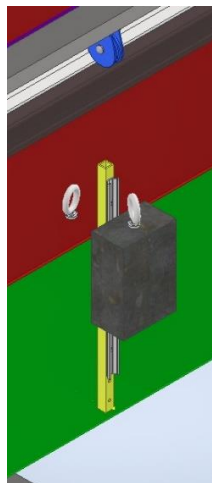
圖九、RF602 系列雷射三角測量傳感器

5. 量測平台 Y 方向的抬升機構改為單一螺桿驅動，如圖十。
- (1) 可避免原先設計中多個螺桿抬升所可能導致的上升不同步。
  - (2) 所採用螺桿具配套的滑台，可讓抬升過程更加平順。
  - (3) 螺桿側邊黑色零件為滑台極限位置的感測器，防止滑塊超出機械邊界造成損壞，規格上能符合我們設計所需測量的最高與最低垂直高度。
  - (4) 量測平台前後端各有兩支導桿，避免在抬升過程中量測平台發生傾斜或歪斜。



圖十、螺桿機構(左)與引導機構(右圖灰色垂直圓柱)

6. 增加重錘設計，如圖十一，利用鋼絲與定滑輪的組合連接於量測平台。
- (1) 重錘提供機構大部分向上抬升時所需的施力，可大幅降低機構抬升時螺桿的負荷，規避螺桿塑性變形與崩牙的可能性。
  - (2) 每個重錘都配有獨立導軌，防止抬升過程中重錘擺動導致量測平台受力不均勻而變形。
  - (3) 以鋼絲及定滑輪拉動重錘，每個重錘 10kg，兩側各四個，總重 80kg 約等於量測平台，故螺桿所需施力可最小化，減低其負擔。

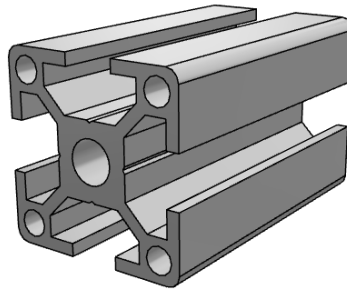


圖十一、重錘設計



7. 量測桿改用鋁擠型桿件，如圖十二。

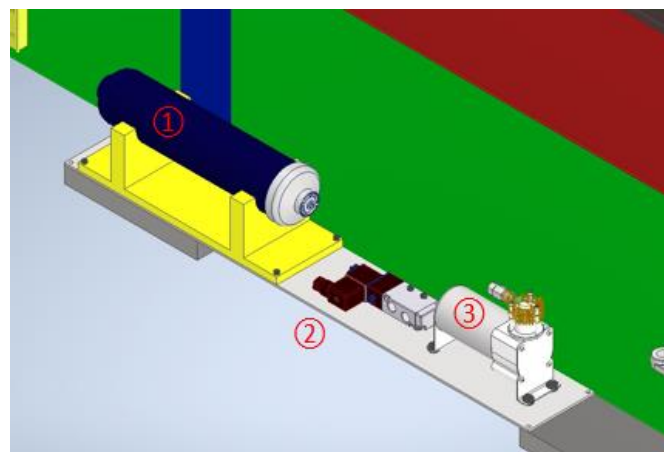
- (1) 鋁材本身與鋁擠型的輕量化特色可減少量測時桿件的 bending。
- (2) 鋁擠型結構具高強度，對桿件伸出時的 bending moment 耐受能力較高。
- (3) 桿件上方可裝設塑膠套管，將量測桿前端各儀器的接線收納其中，以防與其他機構纏繞。
- (4) 搭配相應規格的滑台與滾輪，提供量測桿更為平順的 Z 軸位移。



圖十二、鋁擠型桿件

8. 量測桿前端三角支撐架改以氣壓式驅動，如圖十三。

- (1) 相較於以彈簧為動力展開，氣壓式支撐力量更為充足，能有效降低量測桿 bending 幅度。
- (2) 能夠克服內圓柱與套筒之間的摩擦力。
- (3) 使用壓縮機與電磁閥即可輕易展開與收回三角支架，即無彈簧伸縮問題。



圖十三、氣壓驅動裝置

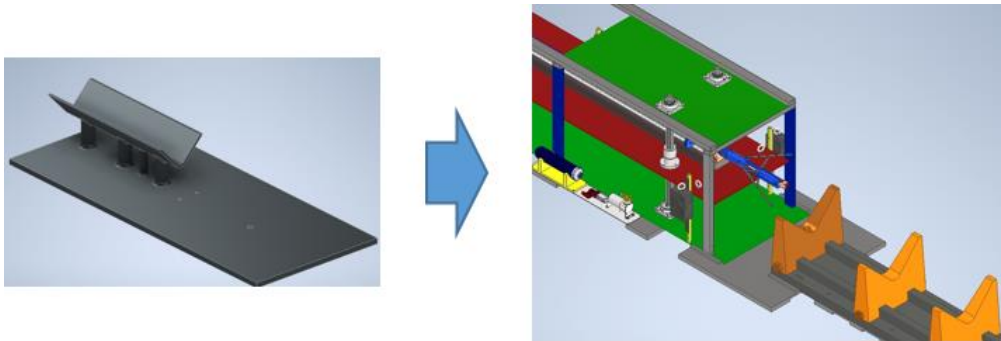
- ① 儲氣鋼瓶：供應氣壓驅動的氣體來源
- ② 電磁閥：在量測期間改變進氣與出氣方向，使三角支架伸出或收回
- ③ 壓縮機：提供氣體進出所需的動力

9. 基座部分，量測機構與被測機構分離，如圖十四，這是由於管件支架的改變，梯型支架足夠穩固，期中所擔心的穩定性問題有所改善，故改採用分離式。

(1) 此設計可減少基座所需耗材。

(2) 被測管件處的基座與滑軌設計為一體，根據以往工場實習的經驗，材質選用同車床床身的鑄鐵，便宜又耐磨，可應對梯型支架模組化設計後的磨損問題。

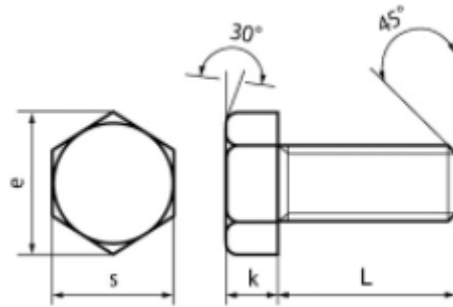
(3) 可在底下加設墊片，隔絕操作環境的干涉。



圖十四、基座設計改良(右圖灰色基座)

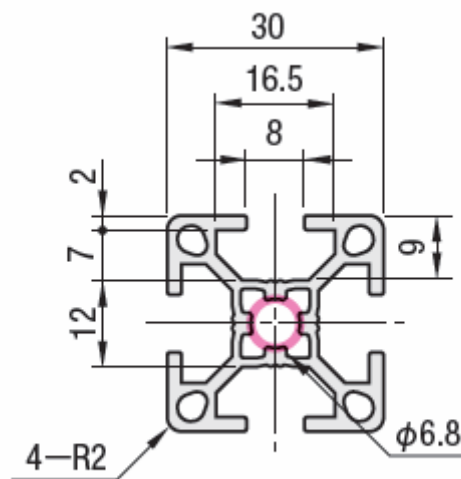
## 二、 零件規格

螺栓：M30 六角螺栓



螺距(mm)	k(mm)	s(mm)	e(mm)
3.5	19	46	53.1

鋁擠型量測桿：NEFS6-3030



材質	A6063S-T5	
表面處理	白色陽極處理	
質量(kg/m)	0.8	
斷面積(mm <sup>2</sup> )	296	
斷面二次力矩(mm <sup>4</sup> )	$\ell_x$	$2.85 \times 10^4$
	$\ell_y$	$2.85 \times 10^4$

量測桿移動：

(1) 垂直升降—螺桿滑台：AIMS-100-250-1610-2P-OL-CM-M400W-O-S3-H

日規半密式螺桿直線電缸滑台

JP, SEMI-SEALED SPINDLE AXES LINEAR ACTUATOR

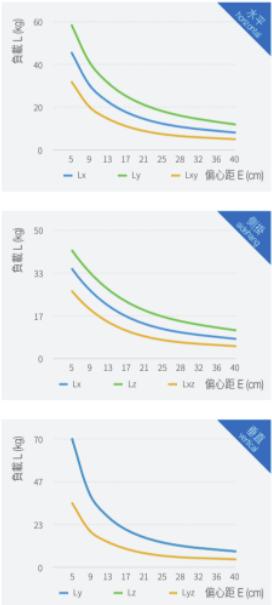


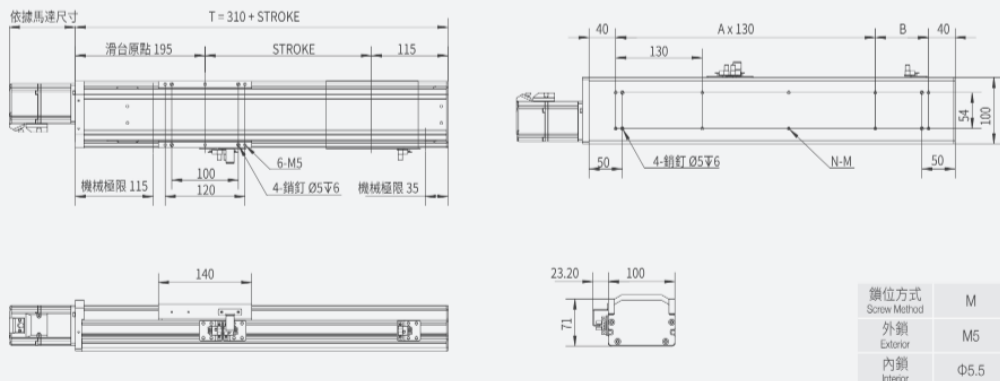
產品專利號: 2016211984545 National Patent of China

AIMS	100	400	1610	LG1	1P	OL	CM	M400	O	S3	OIL
半密螺桿 Semi Sealed Spindle Axis	缸徑 Size (mm)	行程 Stroke (mm)	螺桿規格 Ball Screw Spec. (mm)	導軌 Guide Type	滑塊數量 Number of Slides	鎖位 Assembly Position	馬達安裝位置 Motor Position	馬達功率 Motor Power (W)	光電開關 Optical Proximity Sensor Position	開關數 Number of Sensors	自動給油 Auto Lubrication
100...1000	直徑 D 05 10 16 20	行程 Pitch 05 10 20	高軌 High Guide 寬軌 Wide Guide 機軌 Motor Guide	1P 1個 1 Side 2P 2個 2 Sides	OL 外鎖 Outside IL 內鎖 Inside	CM 直接安裝 Direct Installation DM 下側開接 Downside Parallel LM 左側開接 Leftside Parallel RM 右側開接 Rightside Parallel	M 三菱 P 松下 Y 安川 其他 Others	T 台達 O 其他 Drive	無 None O 外掛 Hang Outside I 內藏 Hide Inside	S3 3個開關 (3x Sensors) Sn n個開關 (n Sensors)	
								200 / 400			

馬達輸出 Motor Power (W)		200 / 400				
額定扭矩 Torque (Nm)		0.64 / 1.27				
螺桿等級 Ball Screw Level		C7精造 / C5研磨 Rolled Ball Screw / Ground Ball Screw				
重複定位精度 Rep. Accuracy (mm)		±0.01 / ±0.005				
螺桿規格 Ball Screw Spec.		Ø16	05	10	16	20
額定推力 Nominal Thrust (N)	200 (W)	680	340	210	170	
	400 (W)	1360	680	420	340	
最高速度 Max. Speed (mm/s)		250	500	800	1000	
行程範圍 Stroke Range (mm)		100...1000 / 50 間隔 Pitch				
最大 負載值 Max. Load (kg)	水平 Horizontal	1P 2P	20 35	20 30	13 20	10 15
	側掛 Sidehang	1P 2P	10 18	10 15	7 10	6 8
	垂直 Vertical	1P 2P	7 12	7 10	5 8	4 5

滑塊數量 Number of Slides		1P	2P
力和力矩 Force and torques	F <sub>y</sub> (N)	450	700
	F <sub>z</sub> (N)	850	1300
	M <sub>x</sub> (N.m)	41	53
	M <sub>y</sub> (N.m)	35	
	M <sub>z</sub> (N.m)	35	
	L <sub>xx</sub> (cm <sup>2</sup> )	21.9	
面積二次矩 2nd moment of area	L <sub>yy</sub> (cm <sup>2</sup> )	193	
	0mm行程基本重量 Basic Weight for 0mm Stroke (kg)		5.5
每100mm行程增加重量 Additional Weight per 100mm Stroke (kg)		1	
光電開關 Optical Proximity Sensor		SUX-PM-L45	





行程 Stroke	100	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
T	410	460	510	560	610	660	710	810	910	1010	1110
B	60	110	160	80	130	50	100	70	40	140	110
A	2	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7
N	8	8	8	10	10	12	12	14	16	16	18
重量 Weight (kg)	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5

本圖面僅供參考用途，實際尺寸皆以實際提供之2D/3D圖紙為準 This drawing is for reference only. The actual dimensions are based on the actual 2D / 3D drawings provided.

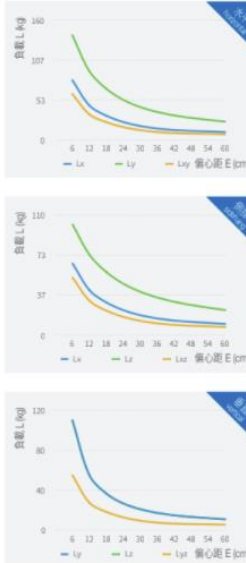
## (2) 水平移動—皮帶滑台： AIMS-134-3100-4P-LM-M750W-O-S3

日規半密式同步帶直線電缸滑台

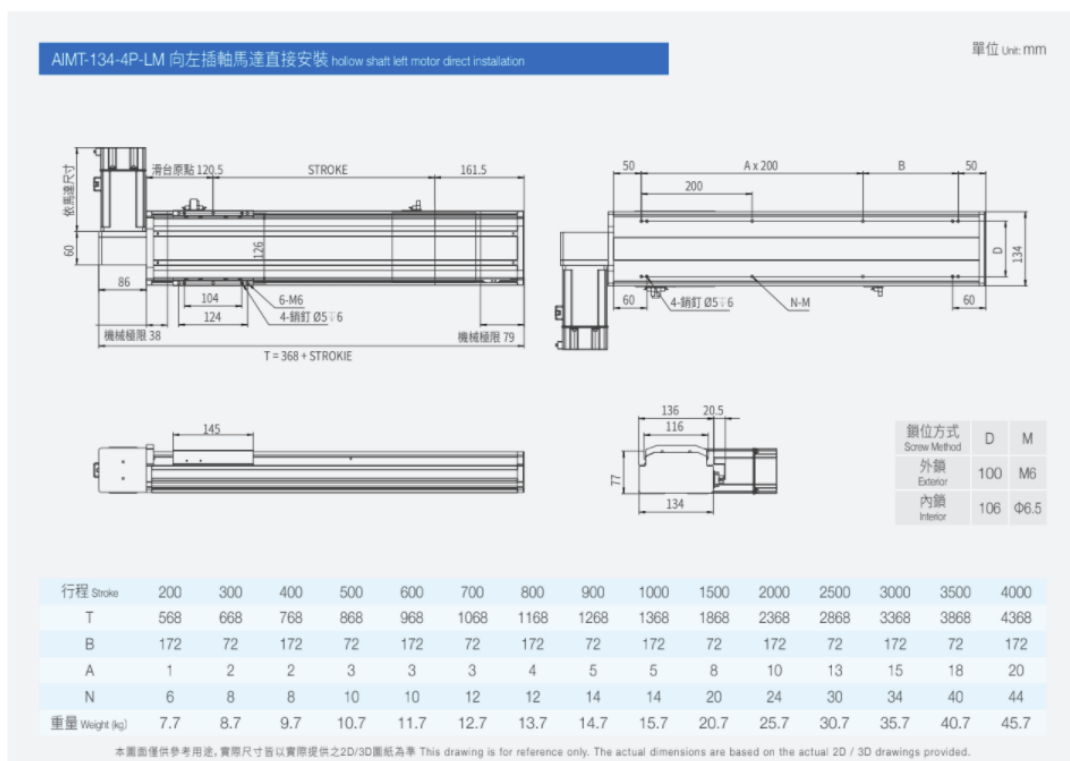
JP. SEMI-SEALED TOOTHED BELT AXES LINEAR ACTUATOR



AIMT - 134 - 400 - 2P - OL - LB - DB - T2* - M750 - O - S3	行程 Stroke (mm)	滑塊數量 Number of Slides	鎖位 Assembly Position	出軸方向 Shaft Direction	馬達安裝位置 Motor Position	減速比配置 Reducer Ratio Config.	馬達功率 Motor Power (W)	光電開關 Optical Proximity Sensor Position	開關數 Number of Sensors
半密同步帶 Semi-Sealed Toothed Belt Axes	100...2000	2P: 2個 2 Slides 4P: 4個 4 Slides	OL: 外鎖 Outside IL: 內鎖 Inside	LM: 向左插軸 Hollow Shaft Left RM: 向右插軸 Hollow Shaft Right LB: 向左出軸 Solid Shaft Left LF: 向右出軸 Solid Shaft Right LD: 雙向出軸 Dual Solid Shaft	DB: 左側直插 Leftside Direct DF: 右側直插 Rightside Direct PB: 左側開插 Leftside Parallel PF: 右側開插 Rightside Parallel	無 None T 同步軸 Timing Pulleys 1:2 G 減速機 Gear Reducer 1:10	M 三菱 Mitsubishi P 松下 Panasonic Y 安川 Yaskawa 750	無 None O 外鎖 Hollow Outside I 內鎖 Hollow Inside	S3 3個開關 3x Sensors Sn n個開關 nx Sensors

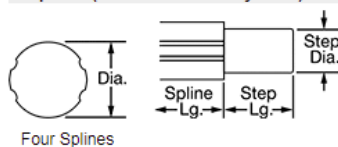
馬達輸出 Motor Power (W)		750				滑塊數量 Number of Slides		2P	4P		
額定扭矩 Torque (Nm)		2.39				$F_y$ (N)		1080	1630		
同步帶規格 Toothed Belt Spec.		AT5 - 25 x 5				$F_z$ (N)		1950	2930		
重複定位精度 Rep. Accuracy (mm)		$\pm 0.05$				力和力矩 Force and torques		$M_x$ (N.m)	124		161
減速比配置 Reducer Ratio Config.		同步輪 Timing Pulleys	1:2~1:3	減速機 Gear Reducer	1:3~1:10	$M_y$ (N.m)		66			
同步帶導程 Toothed Belt Pitch (mm)		120				$M_z$ (N.m)		66			
最高速度 Max. Speed (mm/s)		5000				$L_{ax}$ (cm <sup>2</sup> )		30			
行程範圍 Stroke Range (mm)		100...4000 / 100 間隔 Pitch				面積二次矩 2nd moment of area		$L_{yy}$ (cm <sup>2</sup> )	524.6		
最大負載值 Max. Load (kg)	水平 Horizontal	2P	17	4P	35	0mm行程基本重量 Basic Weight for 0mm Stroke (kg)		5.7			
	側掛 Sidehang		12		每100mm行程增加重量 Additional Weight per 100mm Stroke (kg)		1				
					光電開關 Optical Proximity Sensor		SUX-PM-L45				

以上負載力矩曲線，客戶選用之負載需在我司產品最大負載範圍內 Above load torque curve, the loading should be within the maximum load range



## 升降軌道：61145K177\_Splined Shaft

### 4 Splines (Metric—52100 Alloy Steel)



Dia., mm	Dia. Tolerance, mm	Lg., mm	Lg. Tolerance, mm	Spline Lg., mm	Step			Surface Smoothness, microinch	Edge Type	Yield Strength, psi	Each	
					Dia., mm	Dia. Tolerance, mm	Lg., mm					
Splined End × Splined End												
40	-0.02 to 0	400	-0.05 to 0.05	400				16	Chamfered	57,500	61145K177	335.55

感測器：

(1) 管內感測：RF602 系列

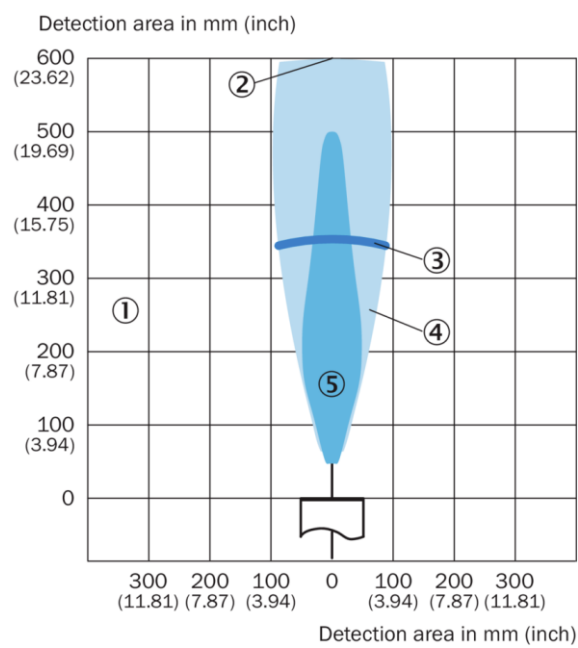
RF602-	20/10	20/25	30/50	55/100	65/250	105/500
Base distance, mm	20	20	30	55	65	105
Range, mm	10	25	50	100	250	500
Linearity	±0.05 % of the range					±0.1 %
Resolution	0.01 % of the range (for the digital output only)					0.02 %
Temperature drift	0,02 % of the range/°C					
Max. measurement frequency, Hz	9400					
Light source	red semiconductor laser, 660 nm wavelength; blue or UV semiconductor laser, 405 nm or 450 nm wavelength (BLUE version)					
Output power, mW	≤1					
Laser safety class	2 (IEC60825-1)					
Output interface:						
Digital	RS232 or RS485 (max. 921,6 kbit/s)					
Analog	4...20 mA (load ≤ 500 Ohm) or 0...10 V					
Synchronization input, V	2,4 – 24					
Logic output	programmed functions, NPN: 100 mA max; 40 V max					
Power supply, V	9...36					
Power consumption, W	1.5...2					
Environmental resistance:						
Enclosure rating	IP67					
Vibration	20 g /10...1000 Hz, 6 hours for each of XYZ axes					
Shock	30 g / 6 ms					
Operating ambient temperature, °C	-10...+60					
Permissible ambient light, lx	10000					
Relative humidity, %	5-95 (no condensation)					
Storage temperature, °C	-20...+70					
Housing material	aluminum					
Weight (without cable), gram	40					

(2) 外徑感測(第零號基座)：UM18 超音波感測器

電源電壓 $U_V$	DC 15 V ... 30 V <sup>1)</sup>
輸入功率	$\leq 1.2 \text{ W}$ <sup>2)</sup>
初始化時間	< 300 ms
結構型式	圓柱形
外殼材質	塑膠 (PBT, 超音波換能器：聚氨基酯泡沫，含玻璃成分的環氧樹脂)
螺紋尺寸	M18 x 1
連接類型	公接頭, M12, 4-Pin
顯示	2 x LED
重量	15 g
投光出口	直式
尺寸 (寬 x 高 x 深)	18 mm x 18 mm x 52.7 mm
IP等級	IP65 / IP67
防護等級	III
工作範圍，極限範圍	65 mm ... 350 mm, 600 mm
量測物	自然物件
解析度	$\geq 0.2 \text{ mm}$
重複精度	$\pm 0.15 \%$ <sup>1)</sup>
精度	$\pm 1 \%$ <sup>2)</sup>
反應時間	64 ms <sup>3)</sup>
輸出時間	16 ms
超音波頻率 (典型值)	400 kHz
感測範圍 (典型值)	參見示意圖
附加功能	可教導的類比輸出, 可逆的類比輸出, 回復出廠預設值
類比輸出	
數量	1
種類	電壓輸出
電壓	0 V ... 10 V, $\geq 100,000 \Omega$
解析度	12 bit
運作環境溫度	-25 °C ... +70 °C
倉庫環境溫度	-40 °C ... +85 °C
溫度飄移	0.17 % / K <sup>1)</sup>



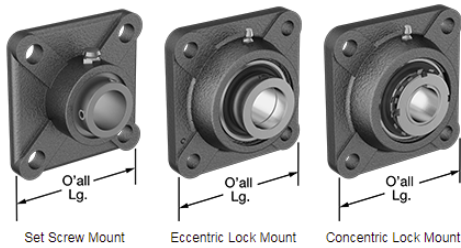
量測範圍：



陪林：

(1) 支架頂端：4071N26\_Mounted Ball Bearing with Four-Bolt Flange

Mounted Ball Bearings with Four-Bolt Flange



Bearings are self-aligning to compensate for shaft misalignment. Seals block out dust and contaminants.

Bearings with **nickel-plated cast iron housing** are more corrosion resistant and durable than bearings with a cast iron housing.

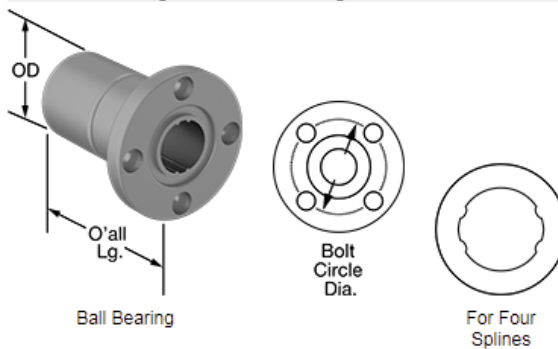
**Set screw** bearings secure to shafts as you tighten their screw. They don't need a collar, but the screw leaves some marring on shafts. Use them in applications where shafts rotate in both directions.

**Eccentric lock** bearings are quick to install—twist them in one direction to tighten and the opposite to loosen. They're better than set screw bearings for high speed applications, but they only work with shafts that rotate in one direction.

**Concentric lock** bearings enable high running speeds while maintaining low levels of vibration; you must pair them with an adapter sleeve (sold separately). They're good for applications where shafts rotate in both directions.

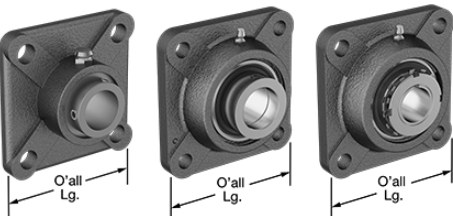
Overall				Mounting			Radial Load Cap., lbs.		Max. Speed, rpm	Temp. Range, °F	Alignment Style	Lubrication	Each					
For Shaft Dia.	Ht.	Lg.	Wd.	Flange Thick.	Hole Dia.	Hole Ctr.-to-Ctr.	Dynamic	Static										
Sealed Steel Bearings with Cast Iron Housing																		
Shaft Mount Type: Concentric Lock																		
30mm	108mm	108mm	40.5mm	13mm	12mm	83mm	4,350	2,500	6,300	-20° to 210°	Self Aligning	Lubricated	4071N26	82.85				

(2) 升降板上：61145K116\_Mounted Linear Steel Ball Bearing for 40 mm Diameter Splined Shaft

Steel Ball Bearings with Steel Housing										
										
For No. of Splines	For Shaft Dia., mm	Overall Lg., mm	Flange OD, mm	Bolt Circle Dia., mm	OD, mm	Max. Torque, in.-lbs.	Max. Temperature, ° F	Mounting Holes No. of	Thread Size	Each
<b>Fixed Alignment</b>										
4	40	100	100	82	64	5,964	176°	4	M8 × 1.25	61145K116 227.78

(3) 底板上：1485N4\_Mounted Ball Bearing with Four-Bolt Flange

### Mounted Ball Bearings with Four-Bolt Flange



Set Screw Mount

Eccentric Lock Mount

Concentric Lock Mount

Bearings are self-aligning to compensate for shaft misalignment. Seals block out dust and contaminants.

Bearings with **nickel-plated cast iron housing** are more corrosion resistant and durable than bearings with a cast iron housing.

**Set screw** bearings secure to shafts as you tighten their screw. They don't need a collar, but the screw leaves some marring on shafts. Use them in applications where shafts rotate in both directions.

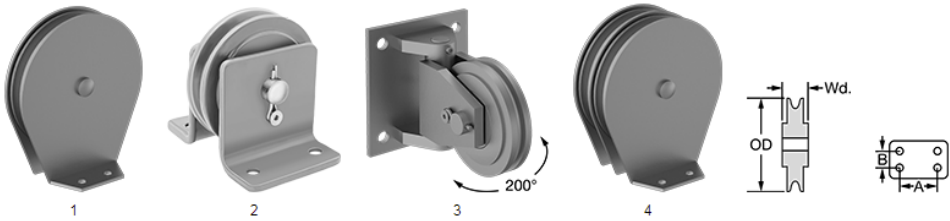
**Eccentric lock** bearings are quick to install—twist them in one direction to tighten and the opposite to loosen. They're better than set screw bearings for high speed applications, but they only work with shafts that rotate in one direction.

**Concentric lock** bearings enable high running speeds while maintaining low levels of vibration; you must pair them with an adapter sleeve (sold separately). They're good for applications where shafts rotate in both directions.

For Shaft Dia.	Ht.	Overall		Flange Thick.	Mounting		Radial Load Cap., lbs.		Max. Speed, rpm	Temp. Range, °F	Alignment Style	Lubrication	Each
		Lg.	Wd.		Hole Dia.	Hole Ctr.-to-Ctr.	Dynamic	Static					
<b>Sealed Steel Bearings with Cast Iron Housing</b>													
35mm	117.5mm	117.5mm	44.5mm	14.3mm	13.5mm	92.1mm	5,750	3,450	4,600	-20° to 220°	Self Aligning	Lubricated	1485N4 220.78

滑輪：3099T34\_Pulley for Wire Rope-for Lifting

Mounted Pulleys for Wire Rope—For Lifting



Mount these pulleys to a flat surface.

Pulleys **with two grooves** are for use in applications where multiple pulleys move a single load, such as block and tackle systems. They can reduce the force needed to move the load by up to two times compared to single-groove pulleys.

Pulleys **with a bearing** are easier to turn than pulleys without a bearing.

**Stainless steel pulleys** are more corrosion resistant than steel.

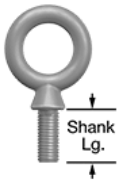
**Style 3** pivots up to 200° for different pull directions.

Warning: Never use to lift people or items over people.

Style	For Rope Dia.	Capacity, lbs.	OD	Wd.	Overall Lg.	Overall Ht.	Material	Mounting Hole			Specifications Met	Each		
								No. of	Di.	Ctr.-to-Ctr. (A)			Ctr.-to-Ctr. (B)	
Single-Groove Without Bearing														
1	3/16"	600	2"	5/8"	2"	2 3/8"	Steel	4	3/16"	1 7/16"	11/16"	ASME B30.26	3099T34	\$8.12

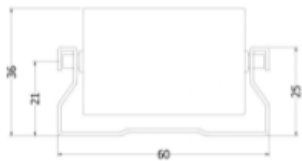
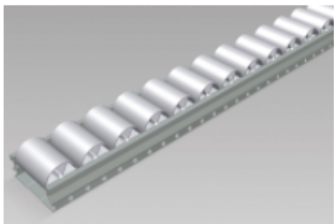
纜繩螺栓：3040T13\_Steel Eyebolt -for Lifting

Eyebolts—For Lifting



Metric Thread		Thread	Shank Lg., mm	Overall Lg., mm	Eye Dia., mm	Vertical Capacity, lbs.	Specifications Met	With Shoulder	Each
Size	Pitch, mm								
Steel		Lg., mm							
M8	1.25	16	16	64	25	1,100	—	3040T13	6.68

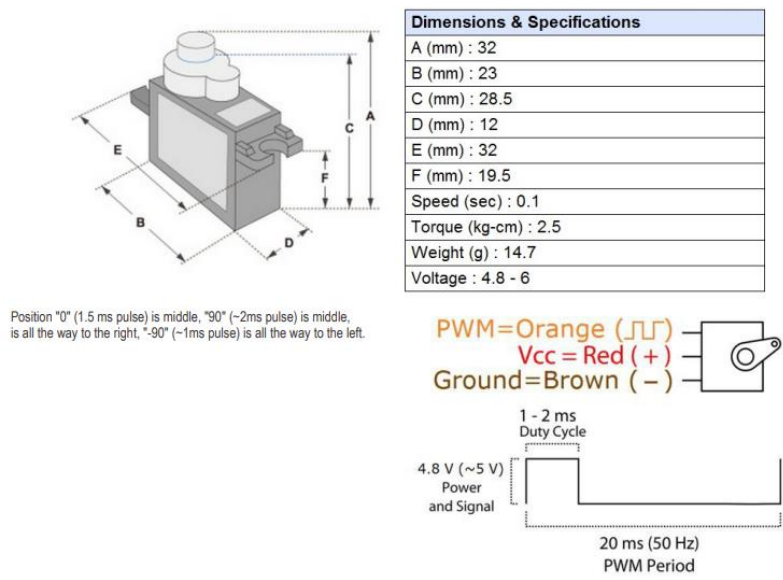
鋁擠型支撐滾輪：RT-60B - 60 系列滾輪滑軌



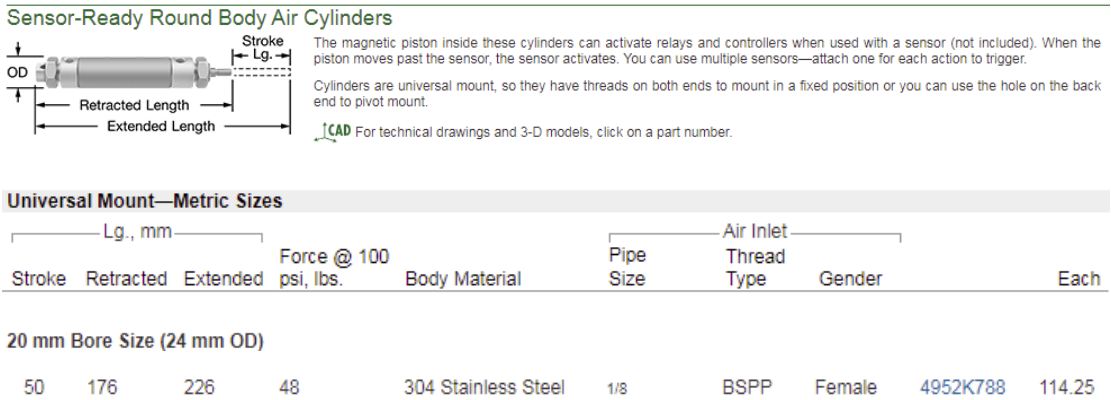
RT-60B - 60 系列滾輪滑軌

- ◎ 標準長度 Standard Length = 4000mm
- ◎ 荷重 Load Capacity = 200Kg
- ◎ 滾輪直徑 Roller Diameter = 30mm
- ◎ 軸徑 Shaft Diameter = 4mm
- ◎ 滾輪中心間距 Roller Pitch = 33mm
- ◎ 材質 = 鍍鋅鋼 Galvanised Steel (SPCC) / 工程塑膠 PE

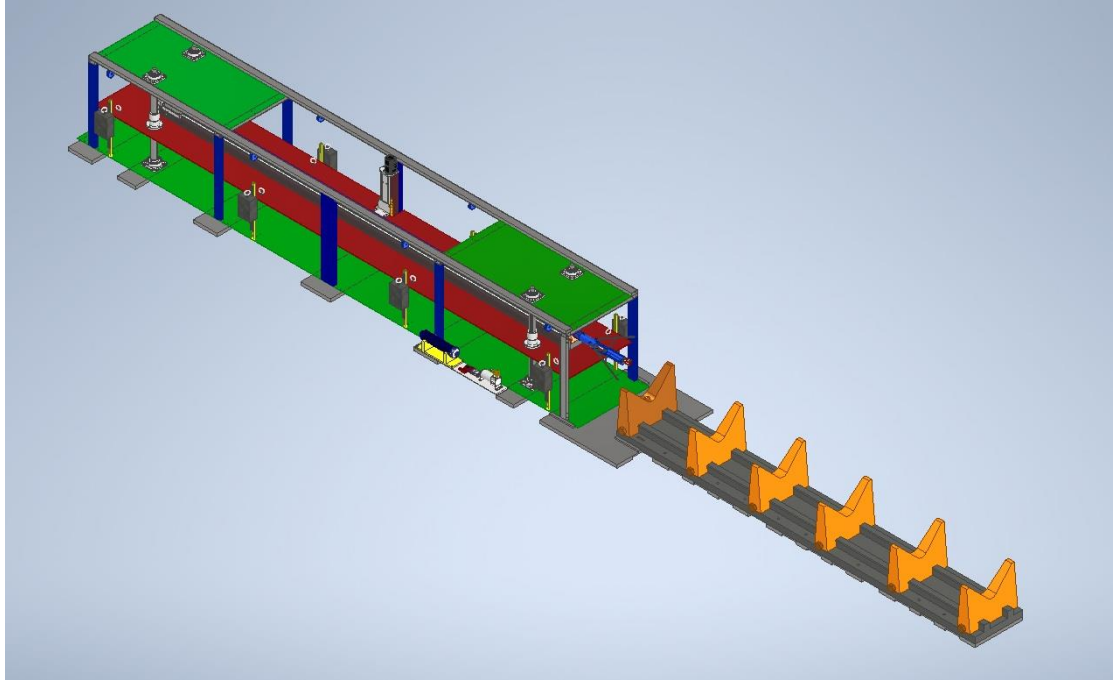
伺服馬達(感測器旋轉)：MicroSG90 Servo Motor



氣壓缸：4952K788\_Sensor-Ready Round Body Air Cylinder



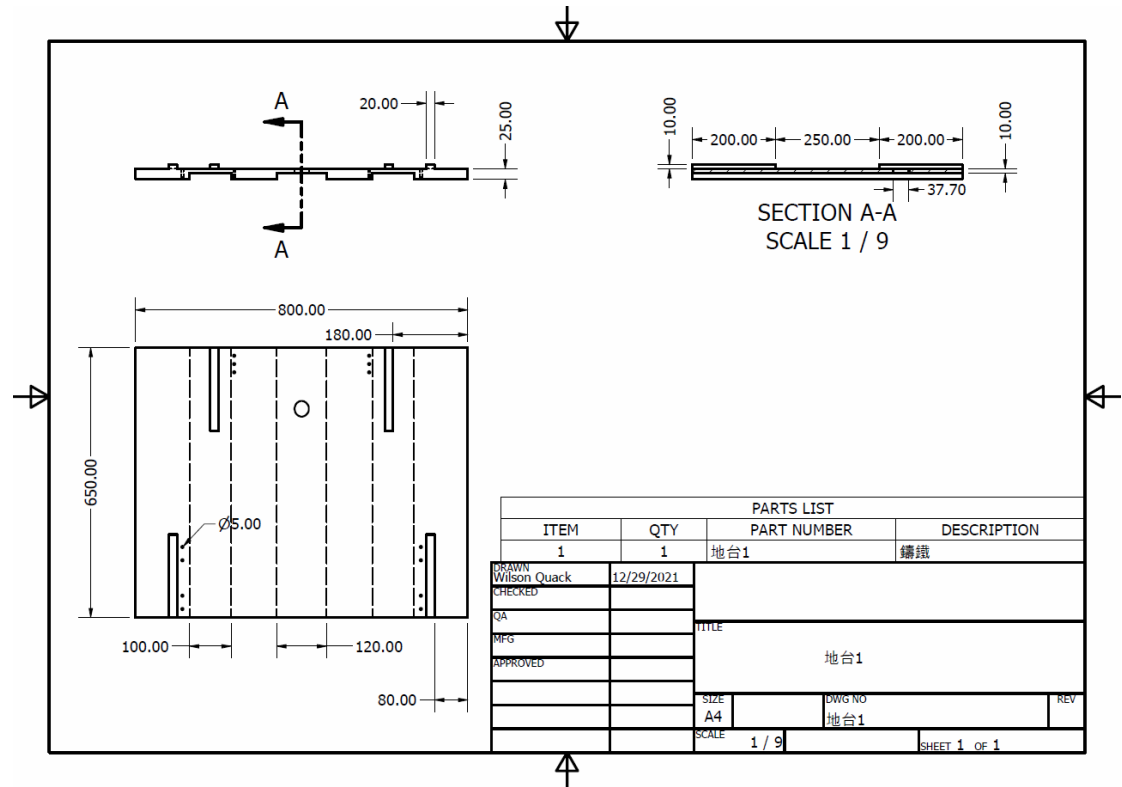
### 三、 3D 模型



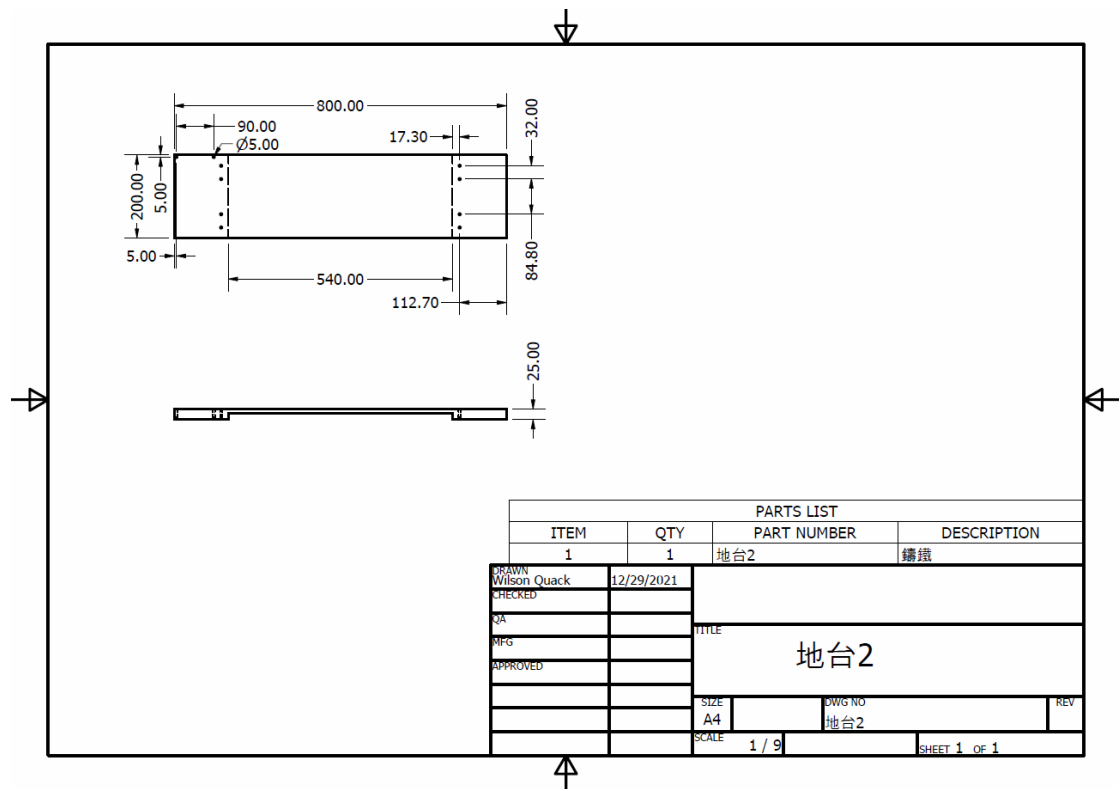
## 四、 部件設計

地台

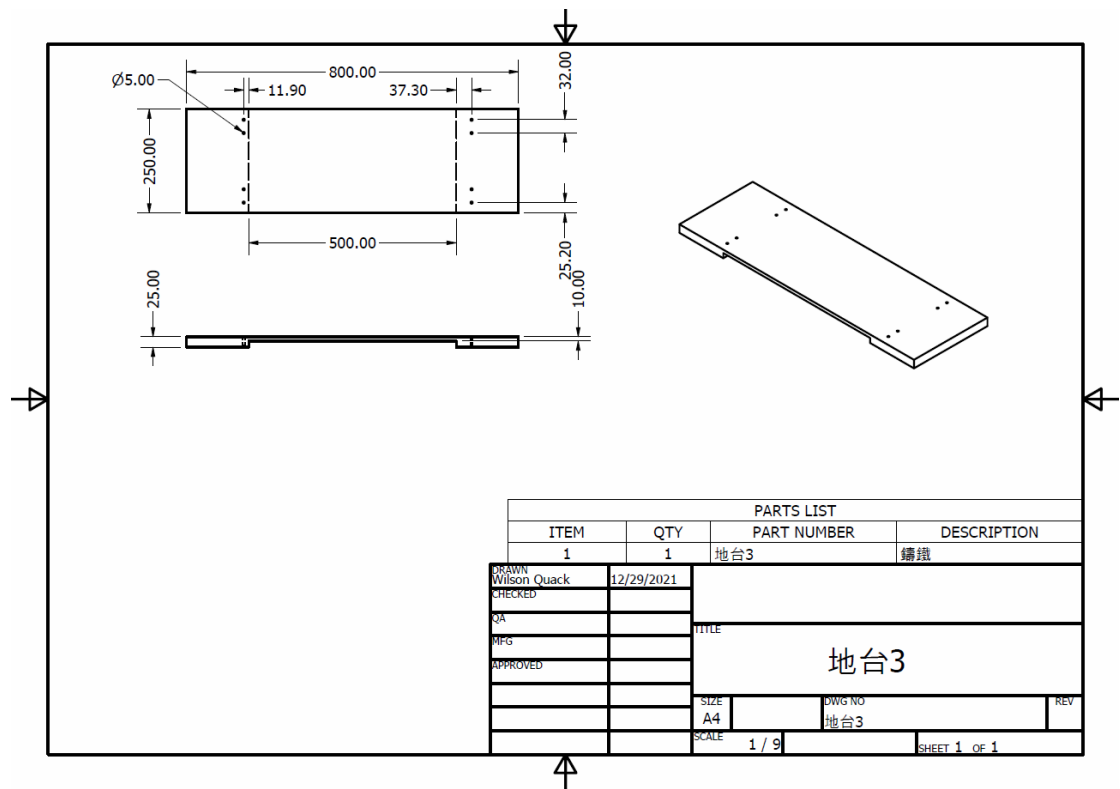
地台 1：



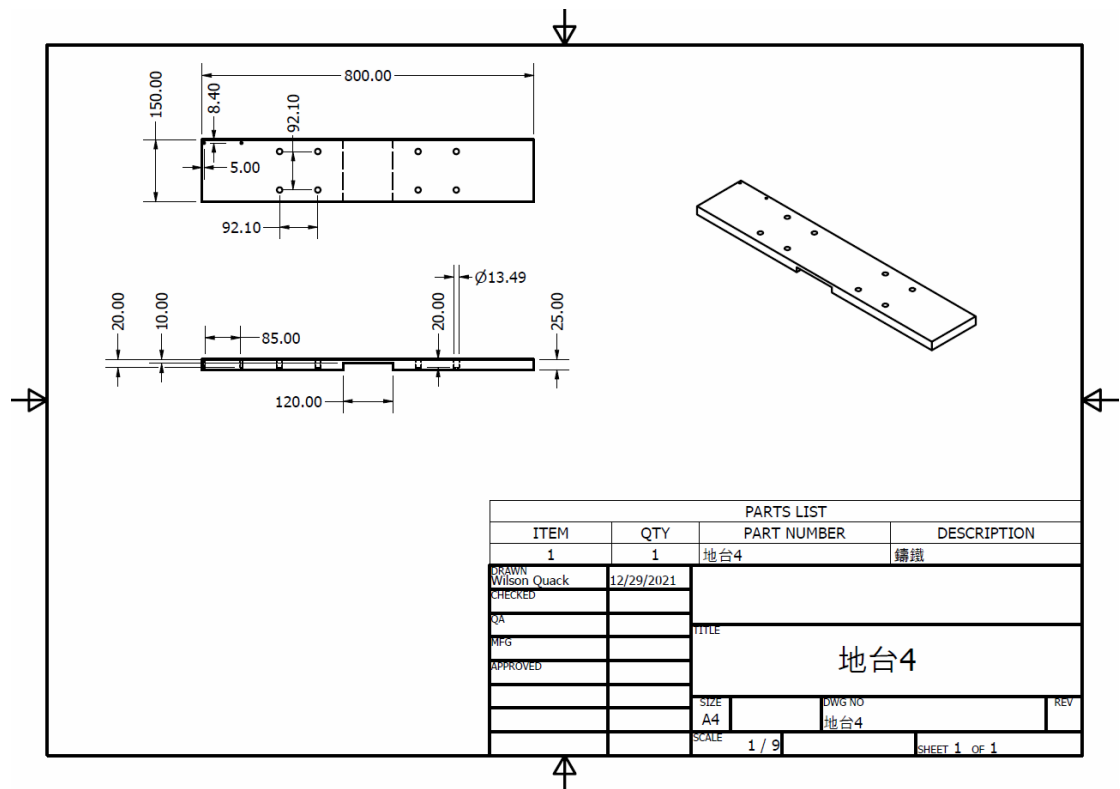
地台 2 :



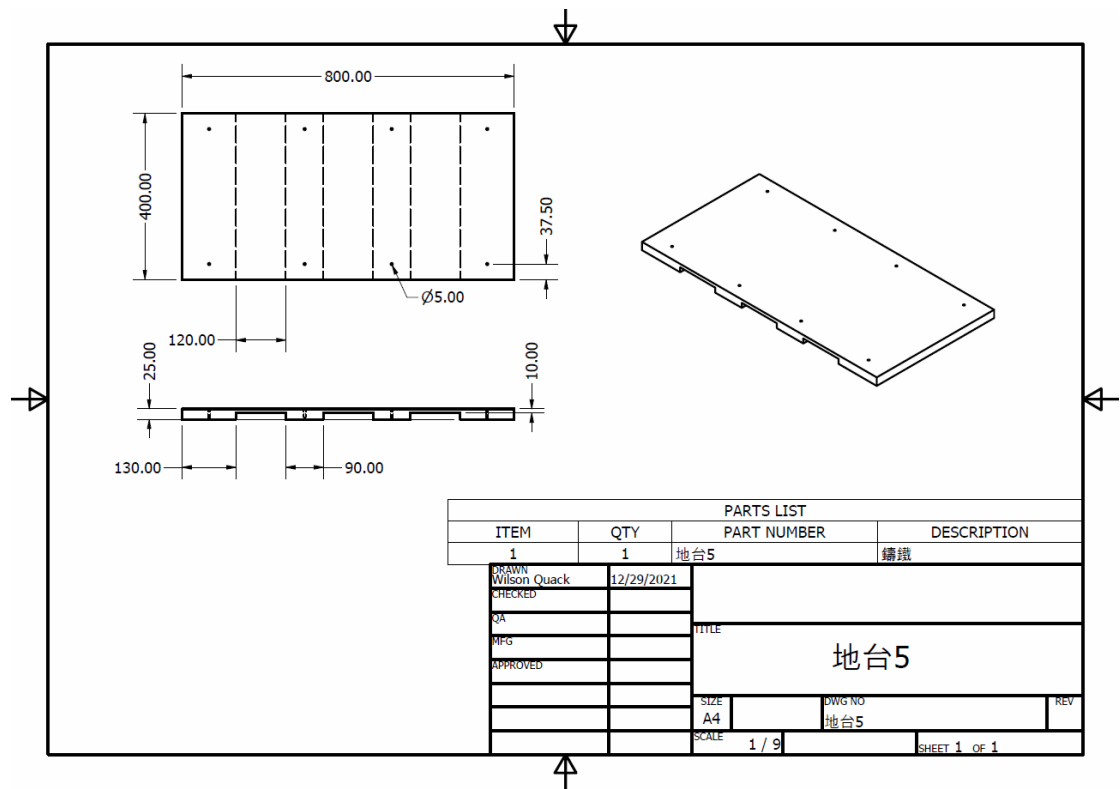
地台 3 :



地台 4 :



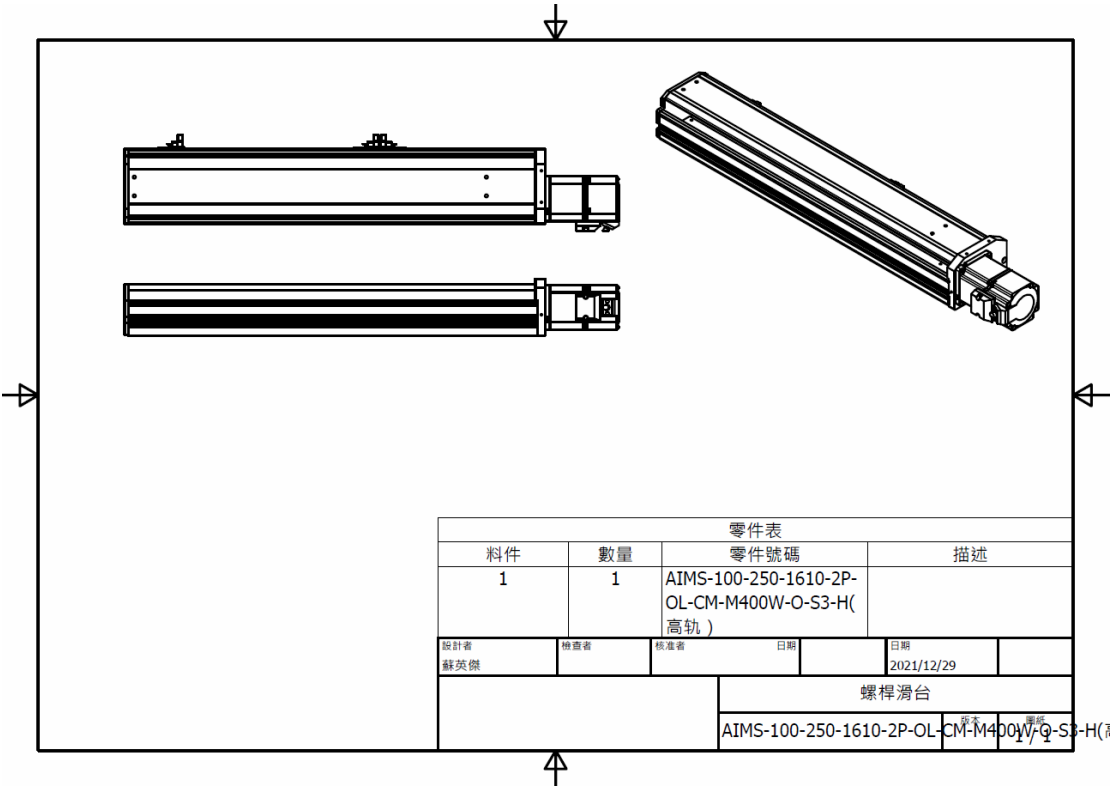
地台 5 :



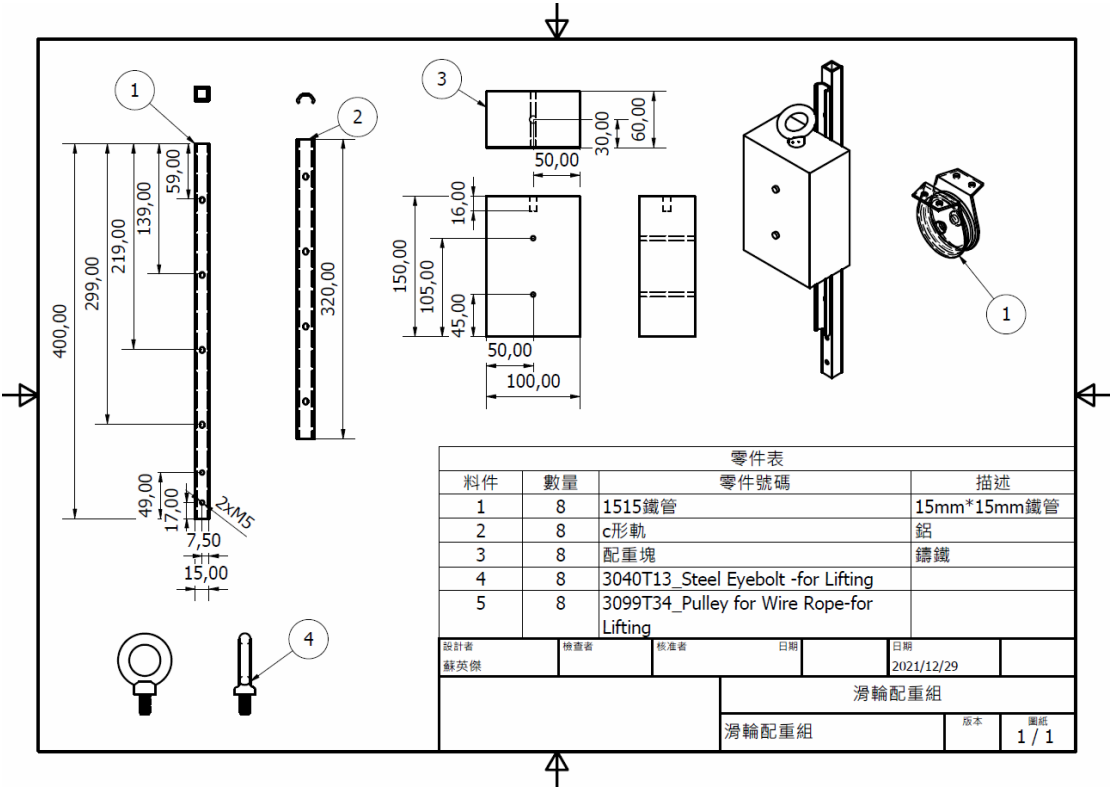


升降組

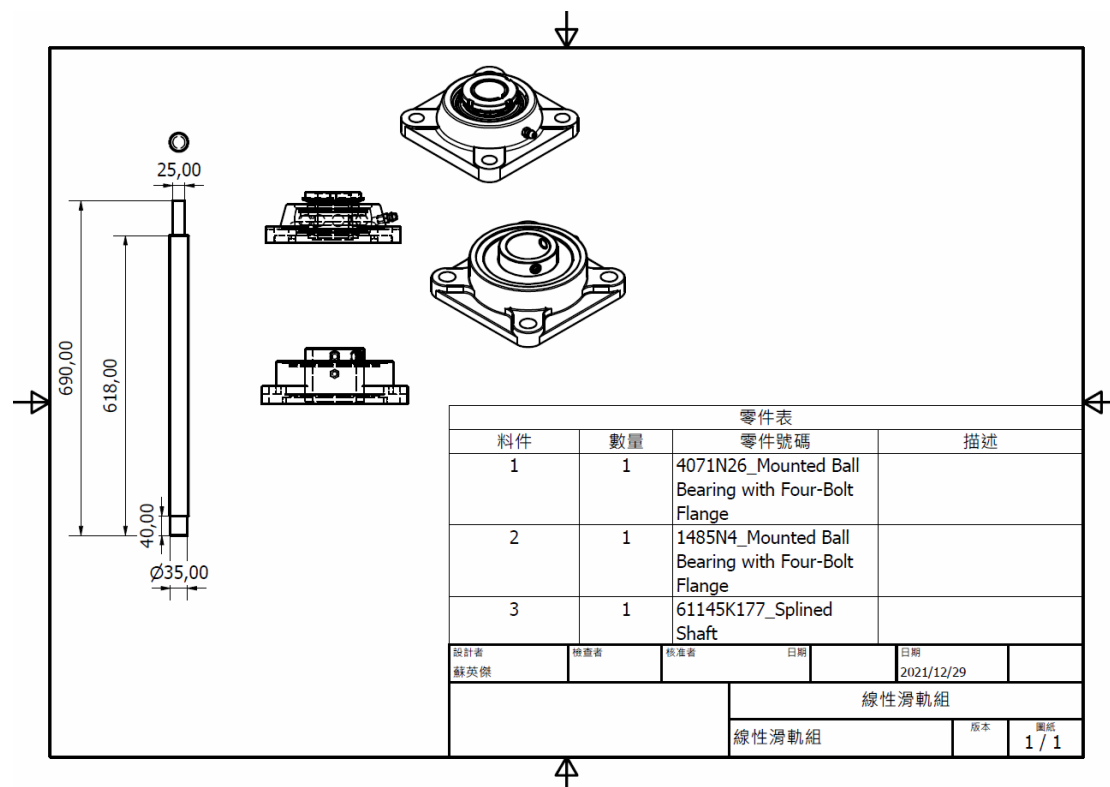
螺桿滑台：



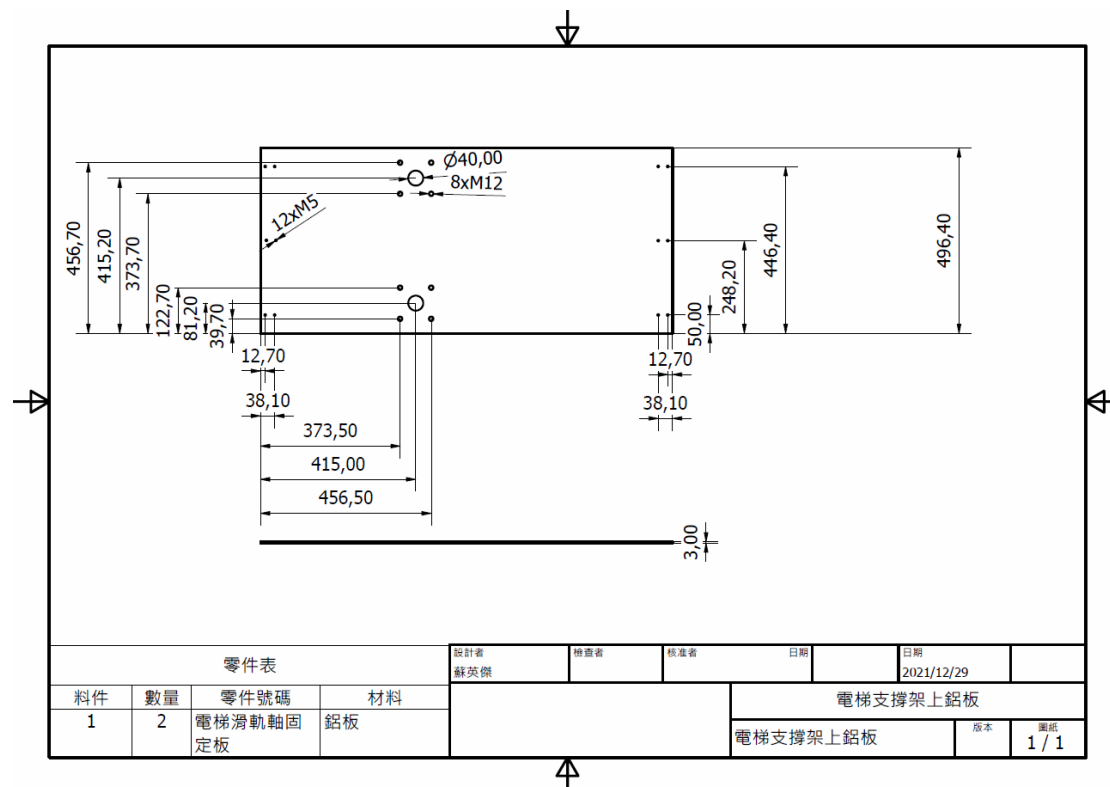
滑輪配重組：



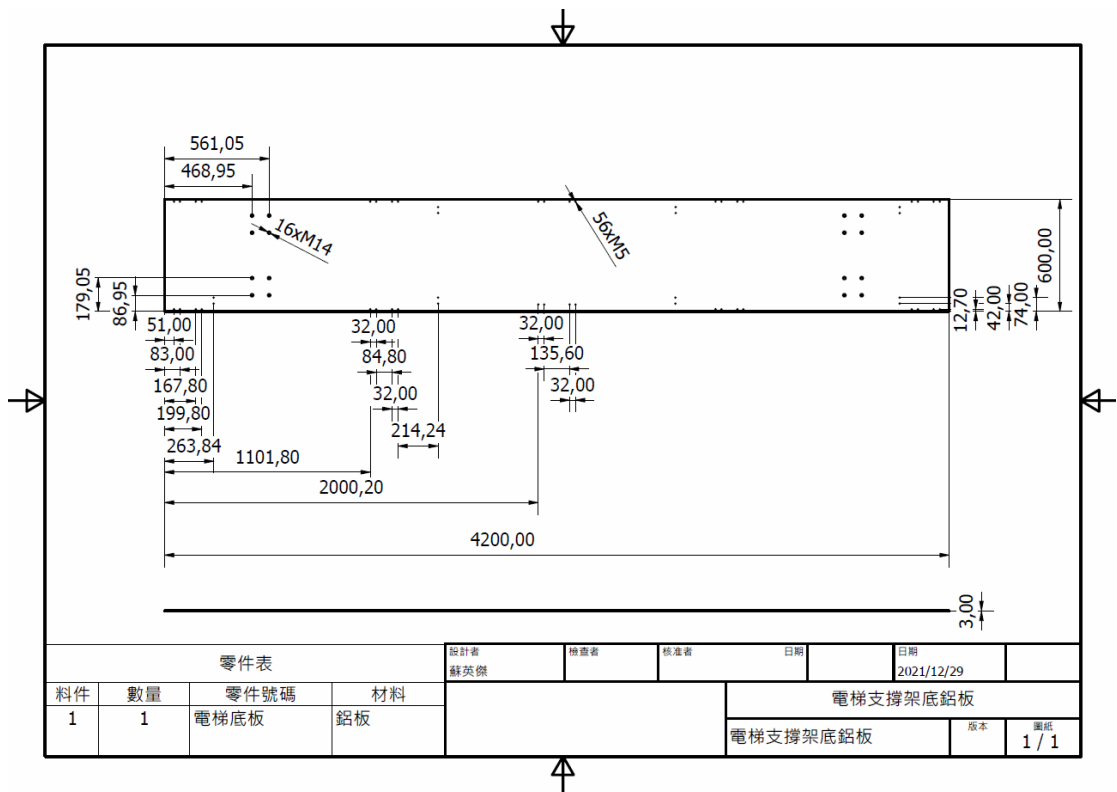
線性滑軌組：



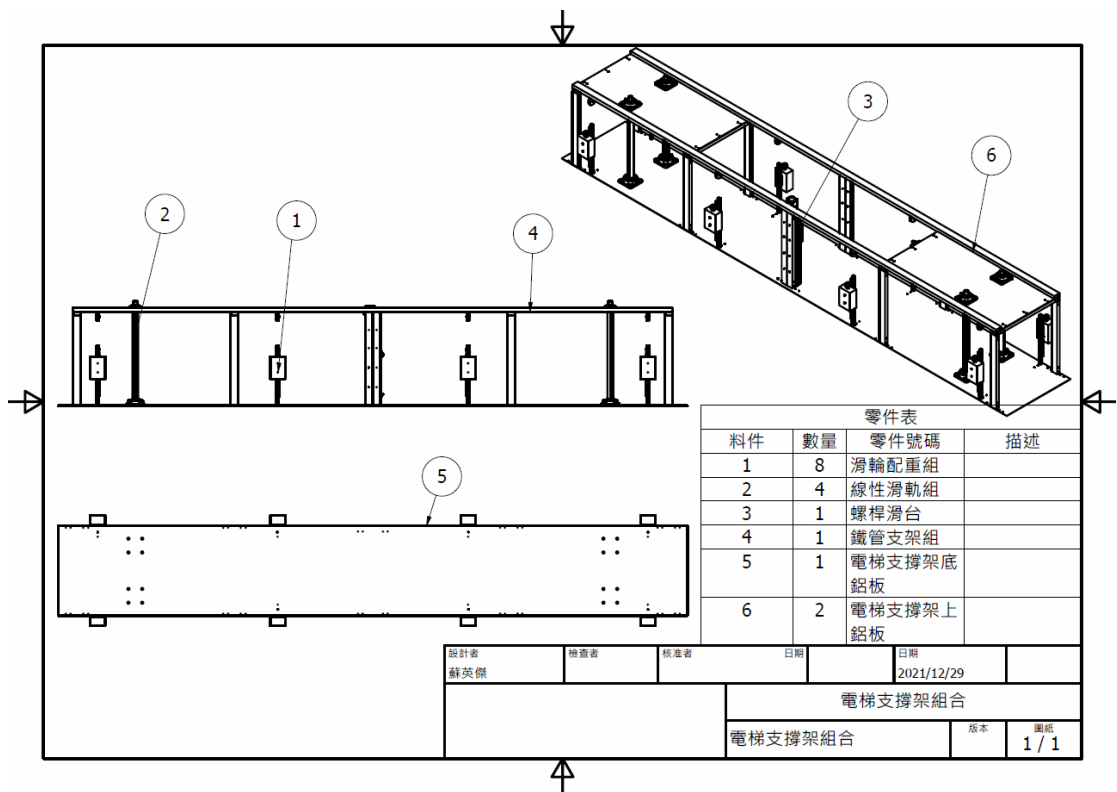
電梯支撐架上鋁板：



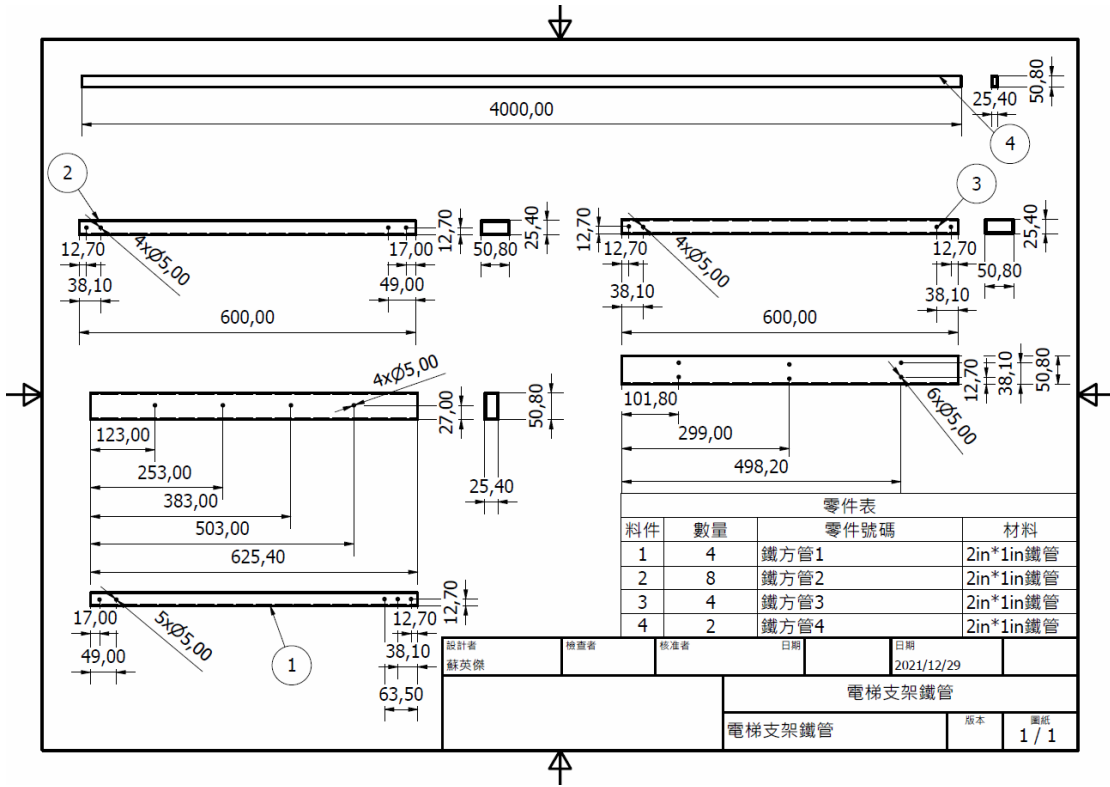
電梯支撐架底鋁板：



電梯支撐架組合：

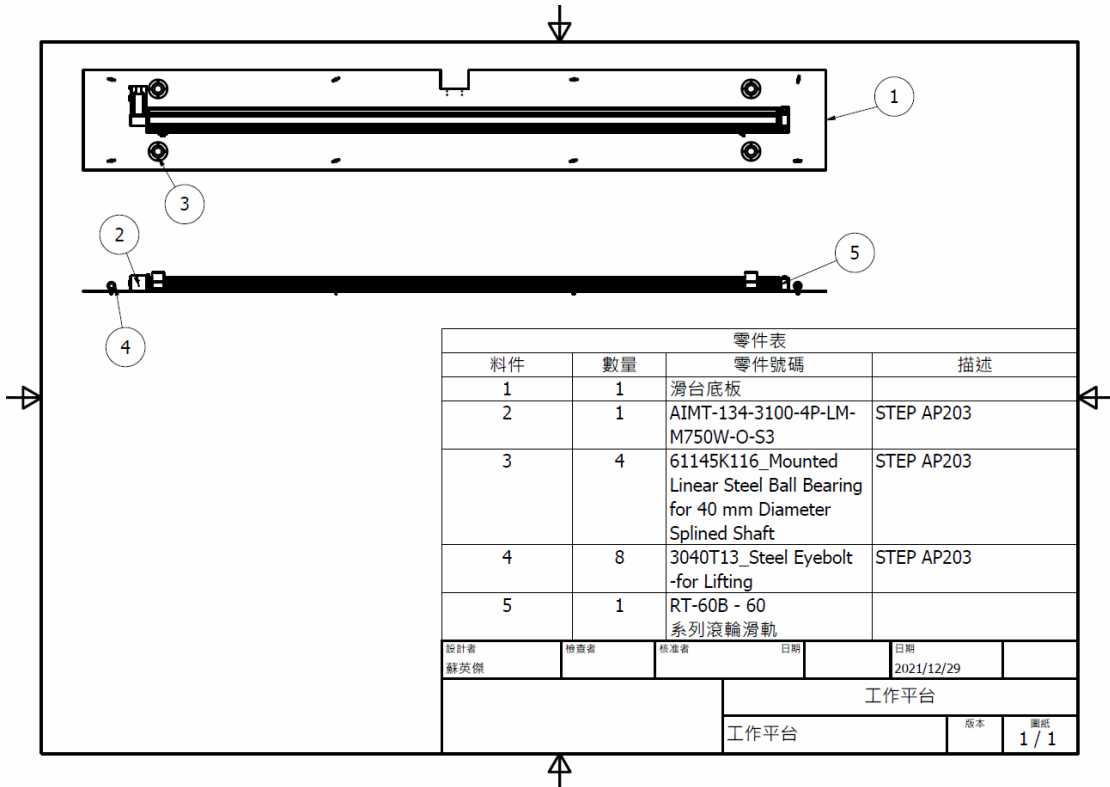


電梯支架鐵管：

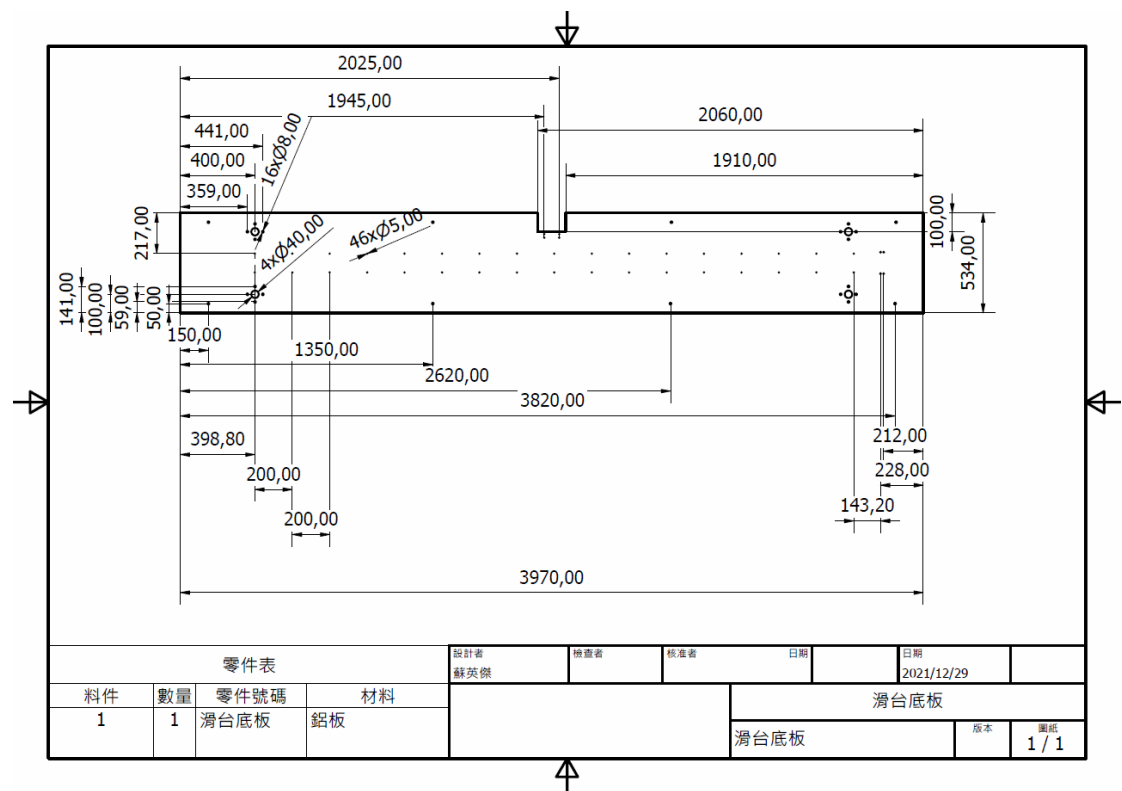


## 工作平台

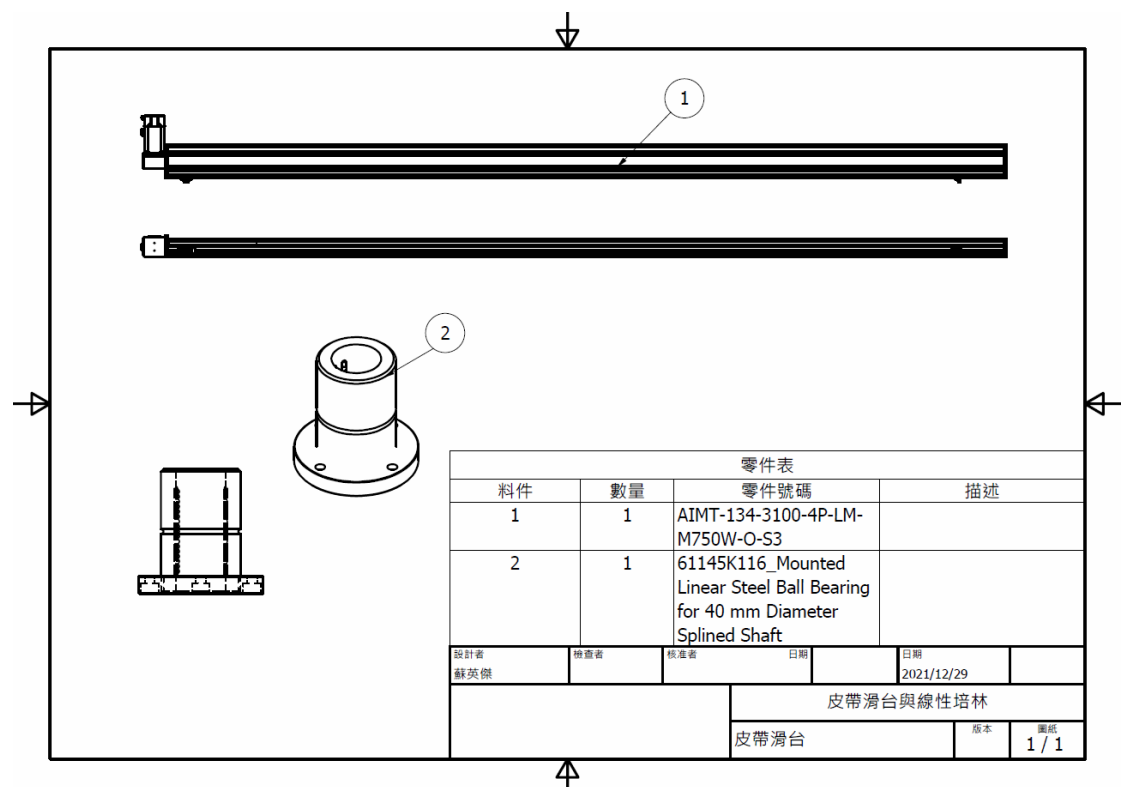
工作平台：



## 滑台底板：

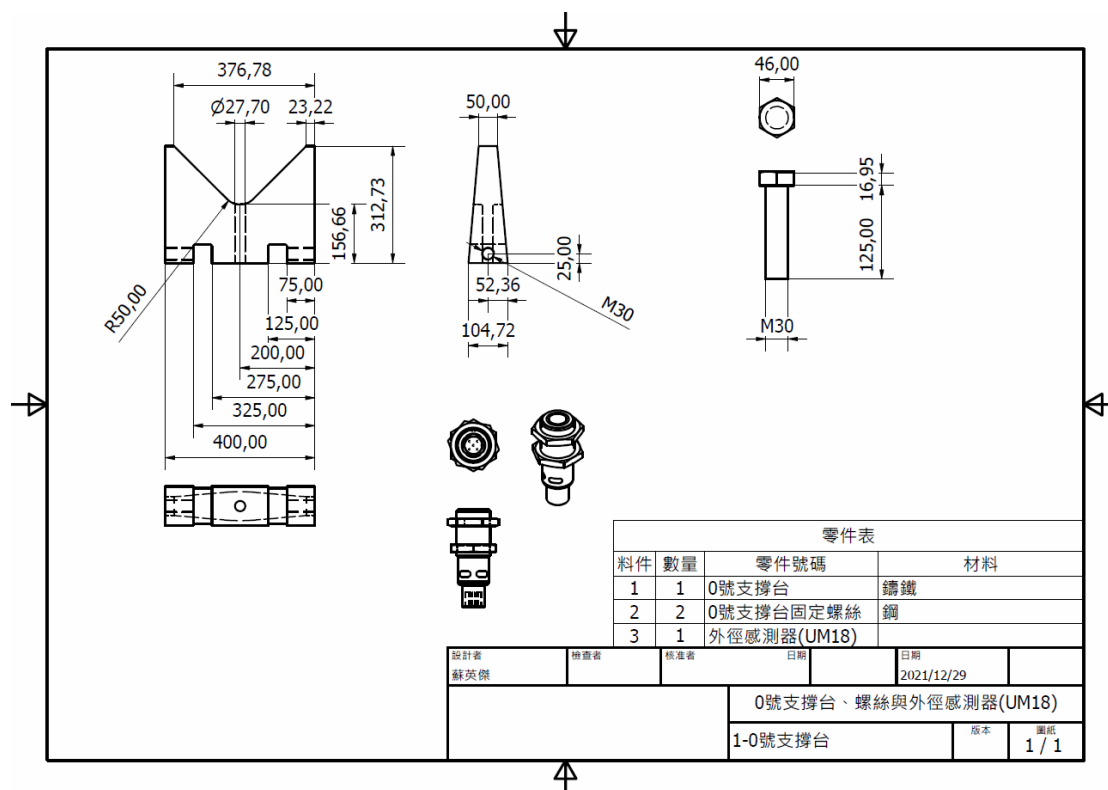


## 皮帶滑台：

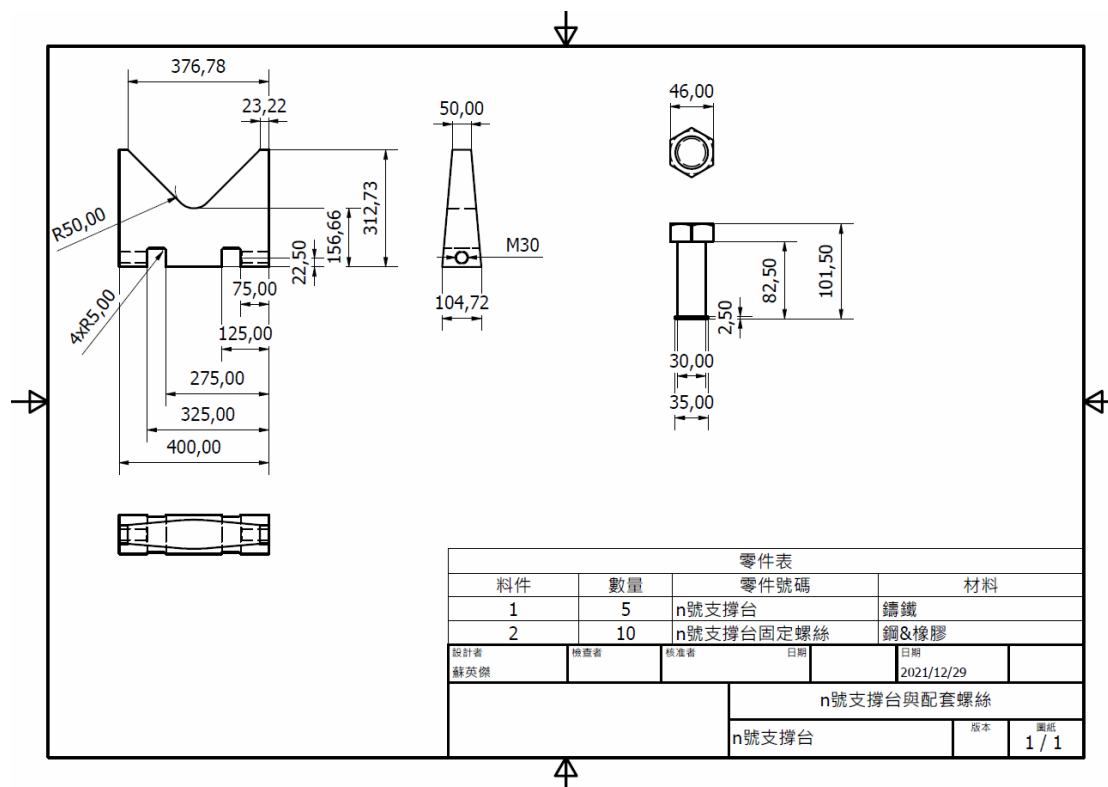


## 待測管件支撐平台

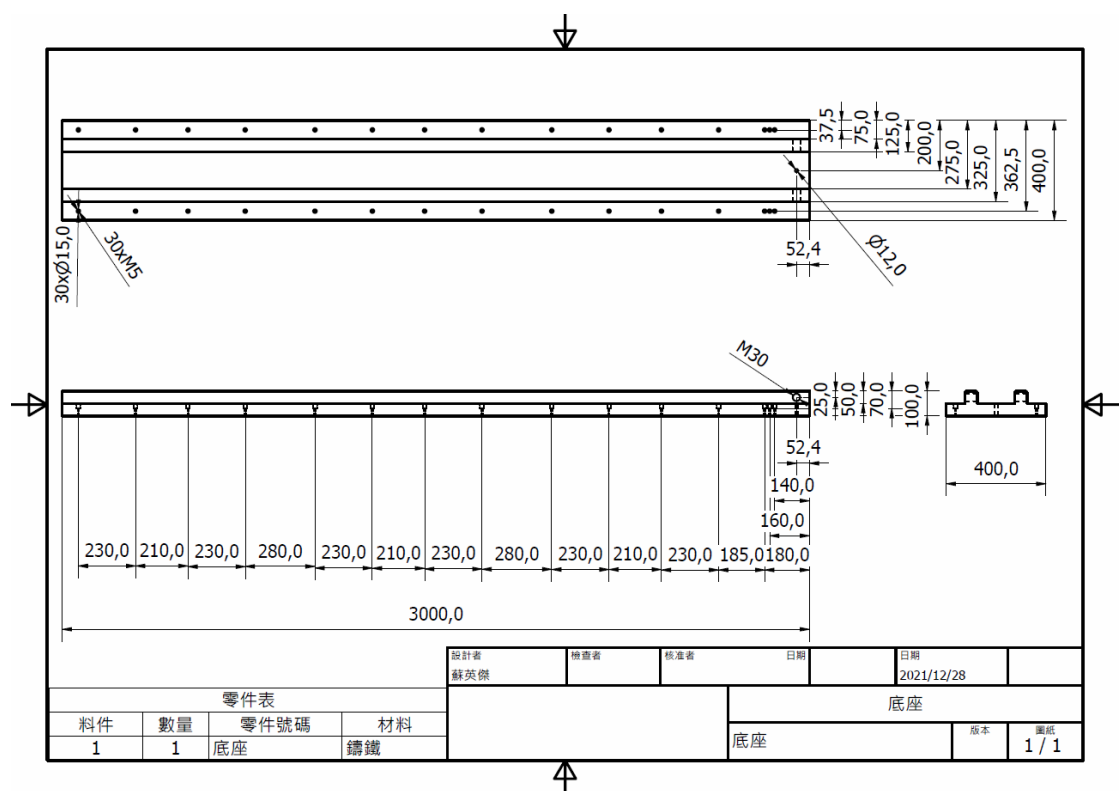
### 0 號支撐台：



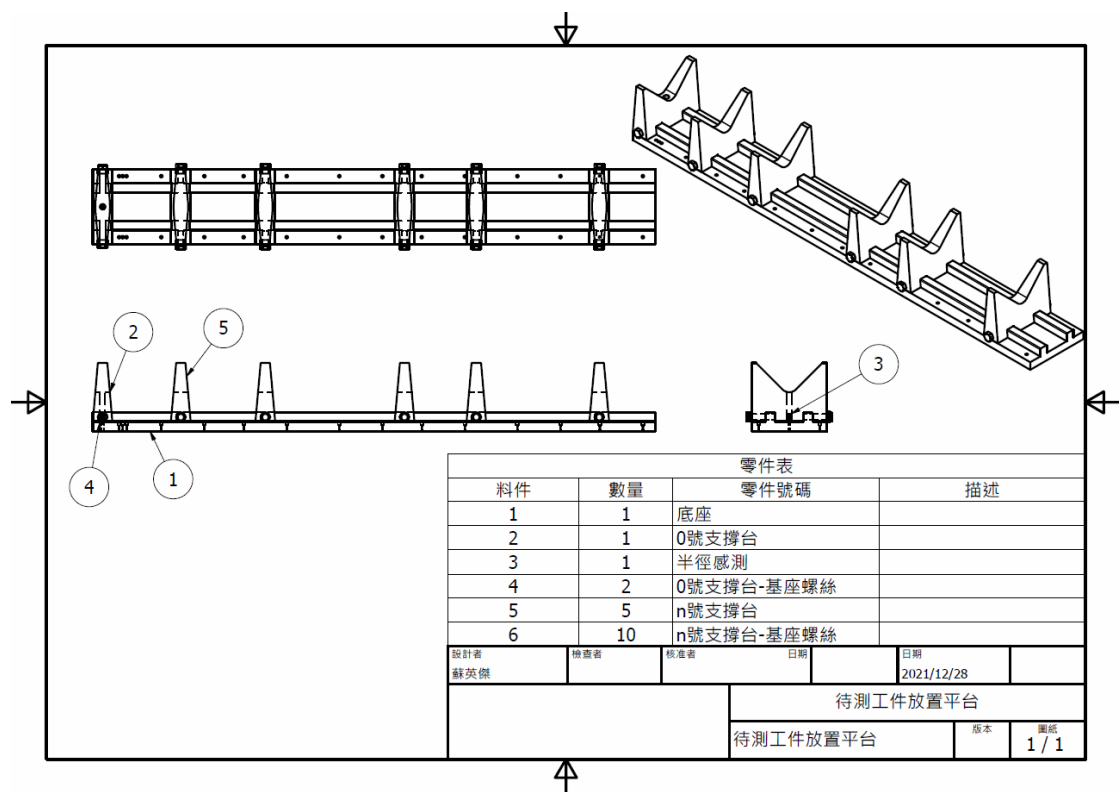
### n 號支撐台：



底座：



待測工件放置平台：



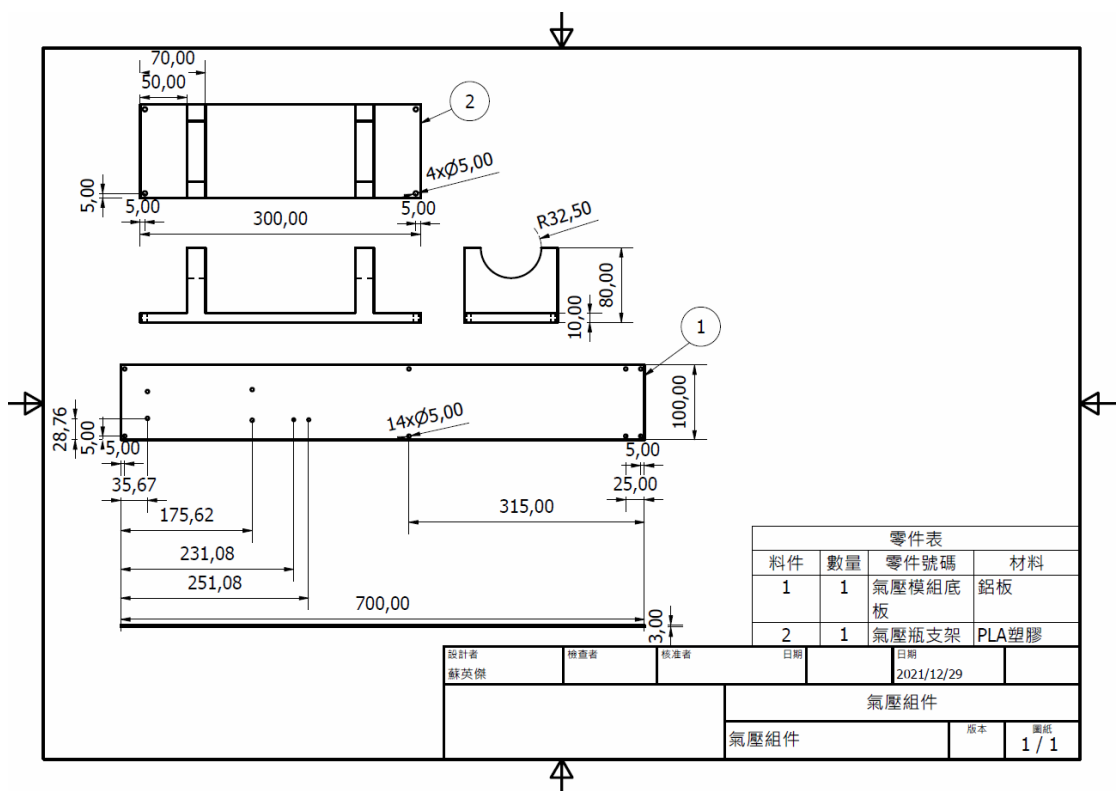
三角支架：



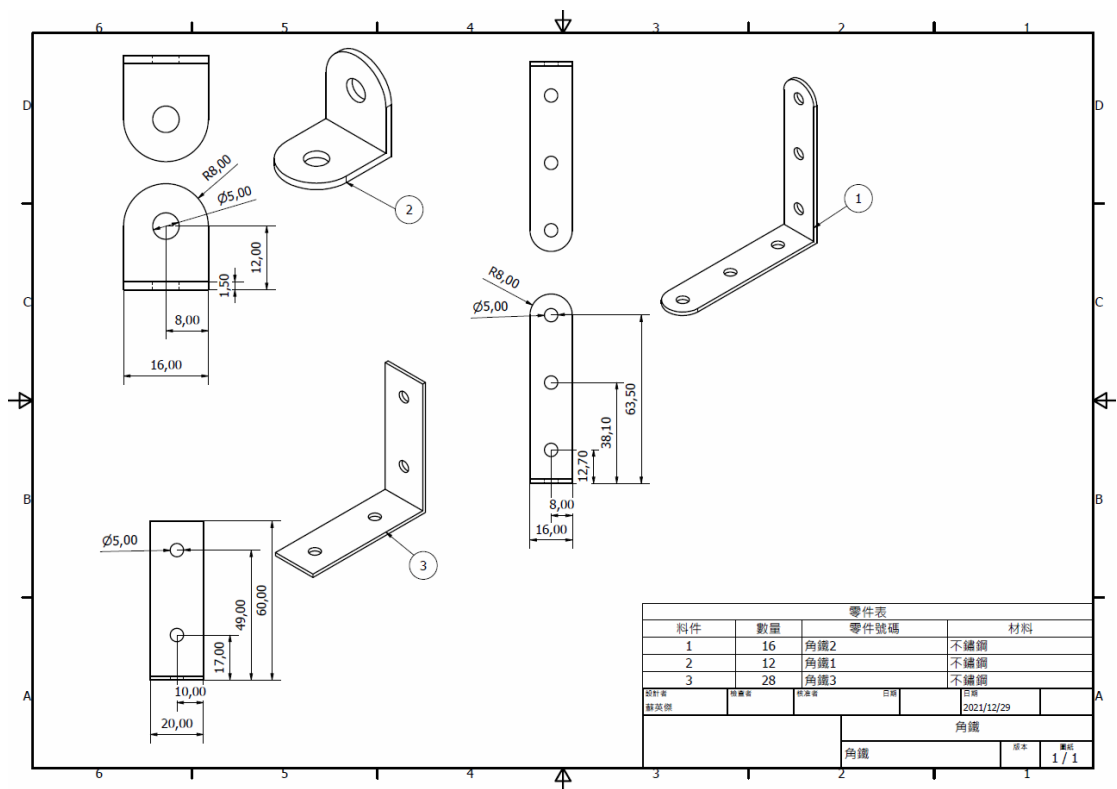




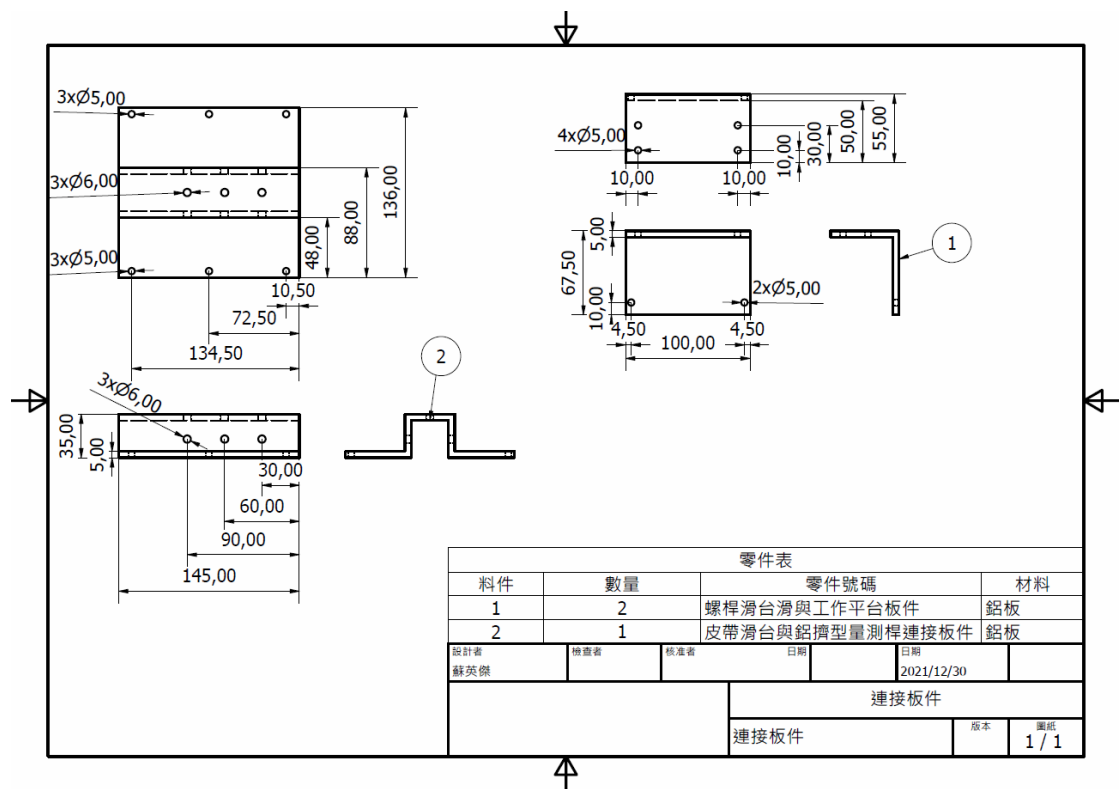
## 氣壓組件：



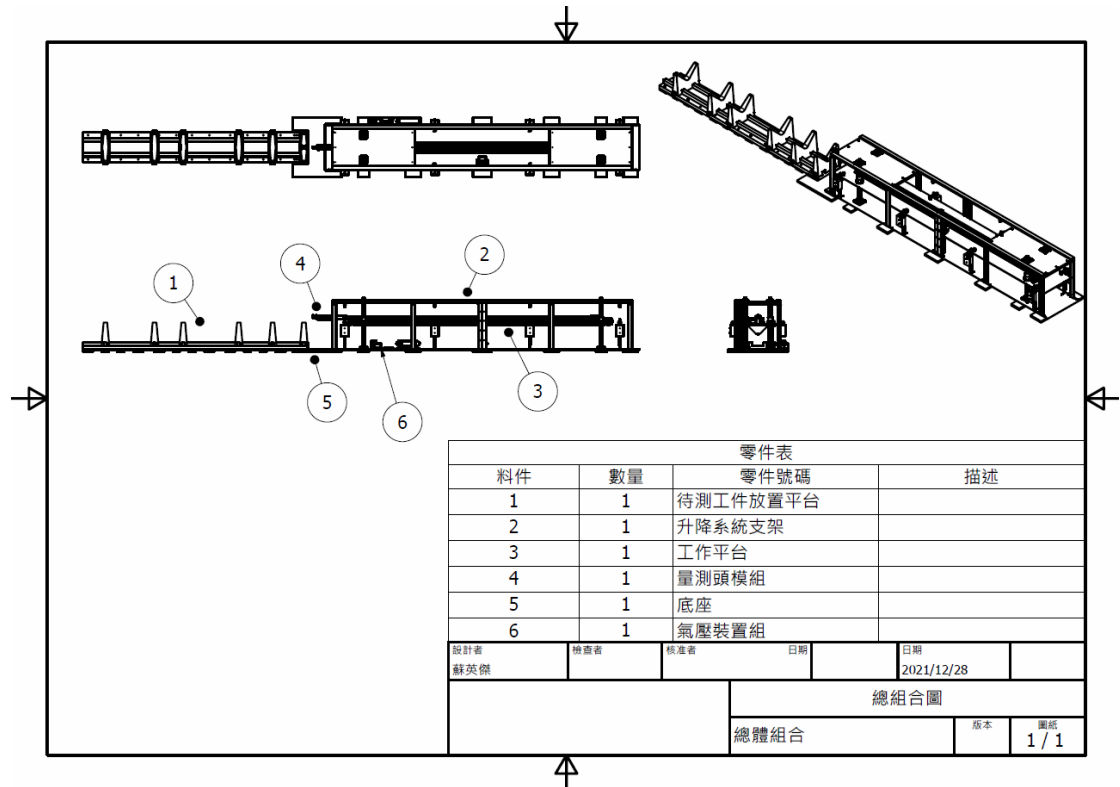
## 角鐵



# 連接板件



## 五、總體組裝



## 六、 物料清單

### 自製部件

名稱	材質	體積(cm <sup>3</sup> )	價格(NTD)
管件支架	鑄鐵	7373x6	31577
支架滑軌	鑄鐵	74859	53433
基座	鑄鐵	46000	32834
門型架(用於支撐 量測平台)	鐵	5112	5313
量測平台	鋁	10498	2618
底座&頂部平台	鋁	10466	2611
感測器支架	3D 列印	296.6	1471
重錘	鑄鐵	1387x8	7920
重錘吊線	鋼絲	一股	21
三角支架	鐵	35.1	100
總和：138168			

材質選擇是綜合考量期中所做的材料評估與改良後各部件實際需求所決定的。鑄鐵的部分是考慮該部件需具有耐磨損與穩固等特性；鋁是考慮輕量化；鐵與鋼絲是考量到強度問題；3D 列印則是因應精密零件和模組化的需求。

#### 市售部件

名稱	單價(NTD)	數量	總價(NTD)
鋁擠型 3030	33/10cm	345cm	1138.5
鋁擠型用滑塊	92	1	92
六角 M30 螺絲	250	12	3000
超音波感測器	2840.5	1	2840.5
伺服馬達 SG90	100	1	100
氣壓缸	2558.52	1	2558.52
氣罐	445	1	445
407N26 培林	2304	4	9216
61145K116 培林	6334.567	4	25338.27
1485N4 培林	6140	4	24560
滑輪	225.82	8	1806.56
纜繩螺栓	185.7708	8	1486.166

鋁擠型支撐滾輪	100	1	100
五口二位單線圈 電磁閥	325	1	325
輕型不鏽鋼滑軌	478	8	3824
升降軌道	9331.646	4	37326.58
雷射感應器 RF- 602	30000	1	30000
螺桿滑台	7000	1	7000
皮帶滑台	13000	1	13000
總和：164156			

整體價格：302324

## 七、安全分析

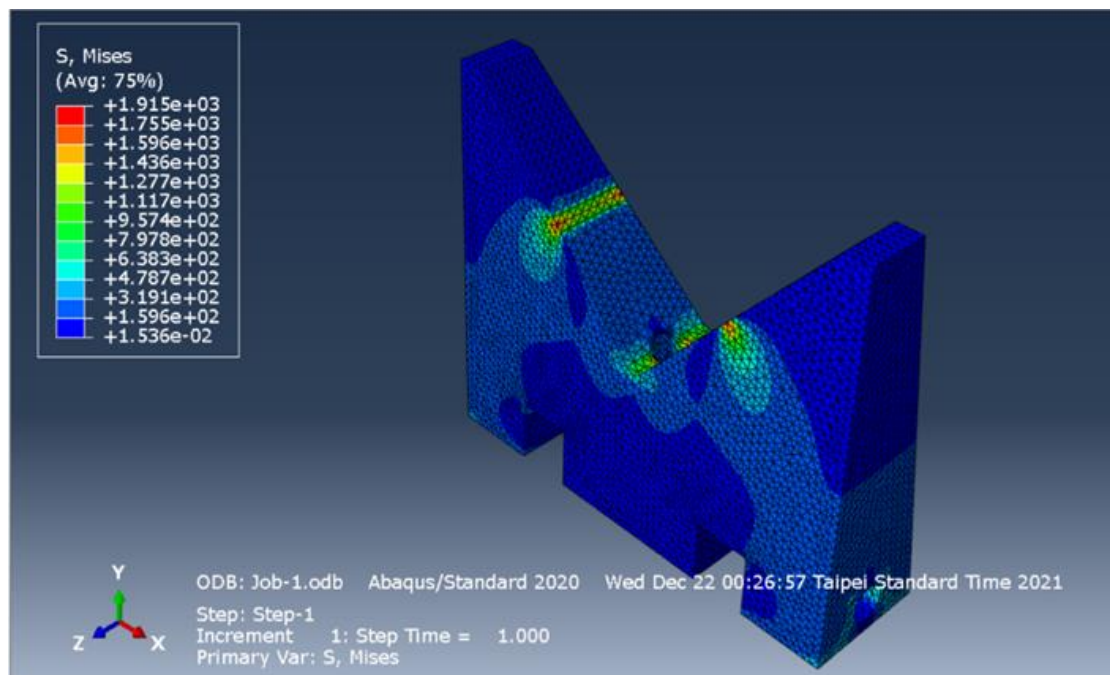
要進行安全性分析，就必須定義安全的條件。這裡的「安全」代表在機台開始進行量測到結束量測的時候，所有的部件都不會發生斷裂或造成部件永久變型。

在這份報告裡面，我們對機台中非市售的部件和可能因為沒有支撐點而產生變型的結構進行分析。所以在綜合評估之後，這裡分析了兩個機構：一是支撐台，二是負責帶動量測器前進的鋁擠型。會選擇對這兩個部件進行分析，是因為在量測的過程中支撐台負責固定管件，若因為放置管件而讓支撐台變形或量測過程中斷裂損壞，會使到量測結果嚴重偏差；而後者則是在量測過程中，負責帶動感測器前進的鋁擠型難免會發生 Bending 的情況，這樣會使感測器偏離管件的中心，所以我們就需要分析鋁擠型的 Bending 程度是否在容許範圍。

這一次的分析都是採用 ABAQUS 的有限元素商用軟體，我們將原有的.ipt 檔轉換成爲.step 檔，之後再輸入 ABAQUS 進行分析。

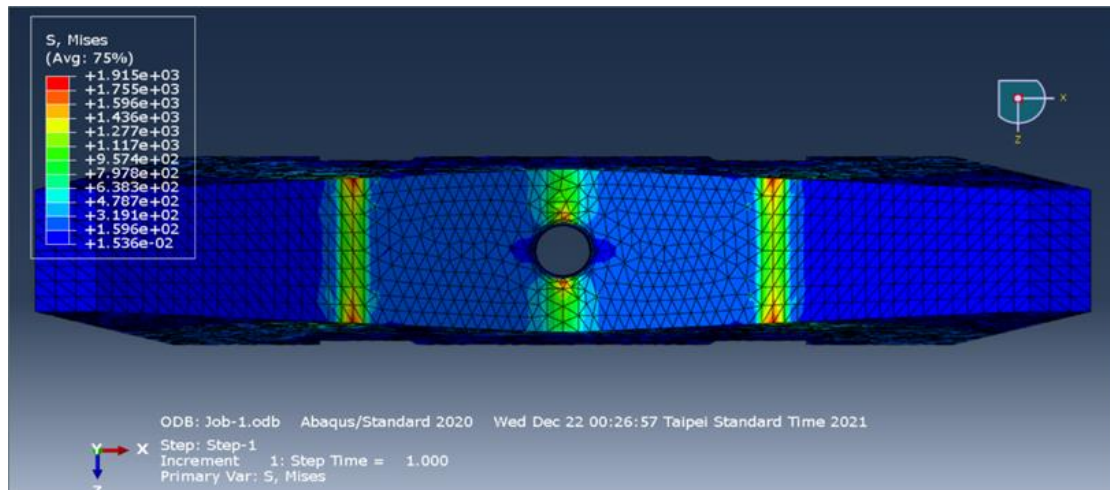
### 分析一：支撐台

以下是支撐台的分析結果，其中的 S 是 Von Mises Stress，單位是 Pa：



圖十五、支撐台應力分佈

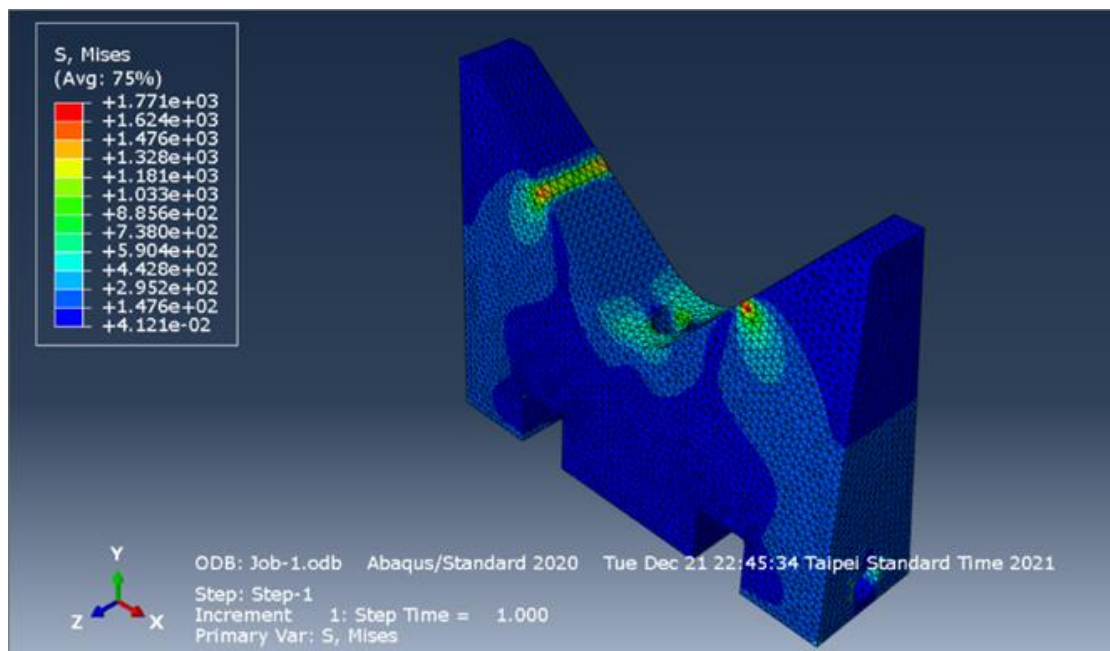




圖十六、支撐台應力分佈(上視圖)

從上面的圖可以發現，原有設計的支撐台會有應力集中的問題，其大小來到了  $1.91\text{e}3\text{ Pa}$ ，是有機會發生斷裂的。就算在前幾次量測沒有發生斷裂，其壽命也相對的小。所以爲了使其壽命延長，這裡對 V 型的圓角進行加大。

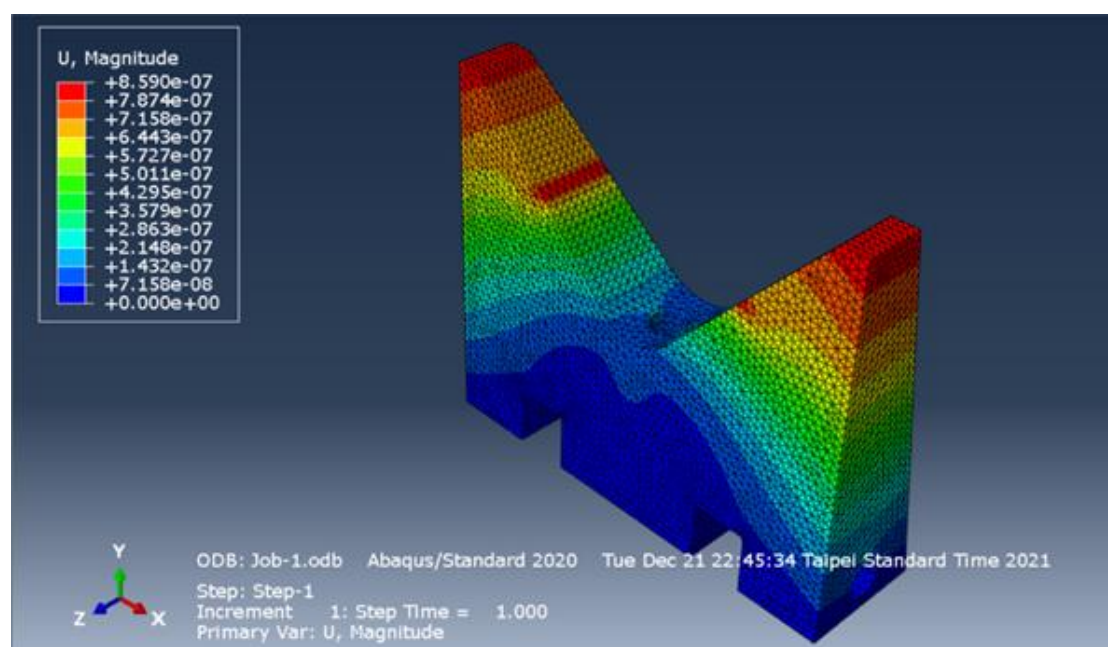
以下是現行設計的應力分析：



圖十七、圓角加大之後的應力分佈

在加大圓角之後，可以發現最大的應力來到  $1.771\text{e}3\text{ Pa}$ ，和之前的設計相比是減少的，而且在原有圓角的地方應力集中消失了，故新設計的安全性更高。

現在考慮新設計的變形分佈：



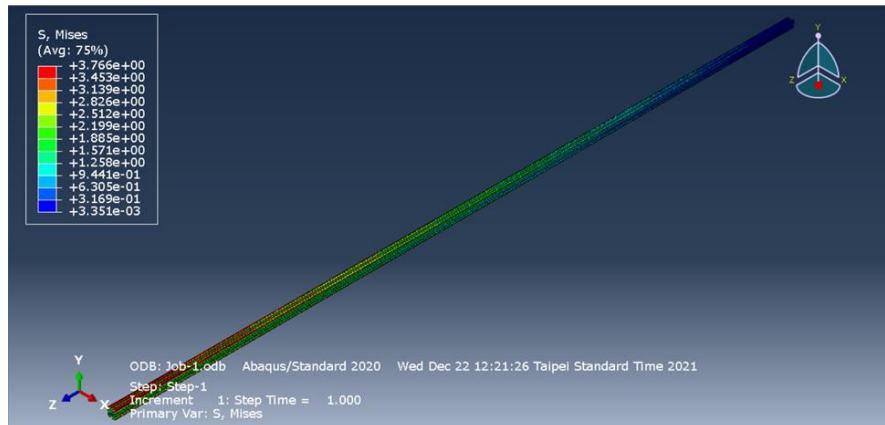
圖十八、圓角加大之後的變形示意圖

從上面的圖可以發現，我們選用的材料非常的穩固，其變形量只有  $8.59\text{e-}7\text{ m}$ ，基本上可以忽略不計。所以現行支撐台的設計是安全的。

## 分析二：鋁擠型

在分析結果前，我們將對鋁擠型 bending 的容許值設定為  $0.01\text{mm}$ ，因為基本上  $0.01\text{mm}$  的 bending 我們可以使用三角支撐架的方式矯正，所以該值是可以接受的。

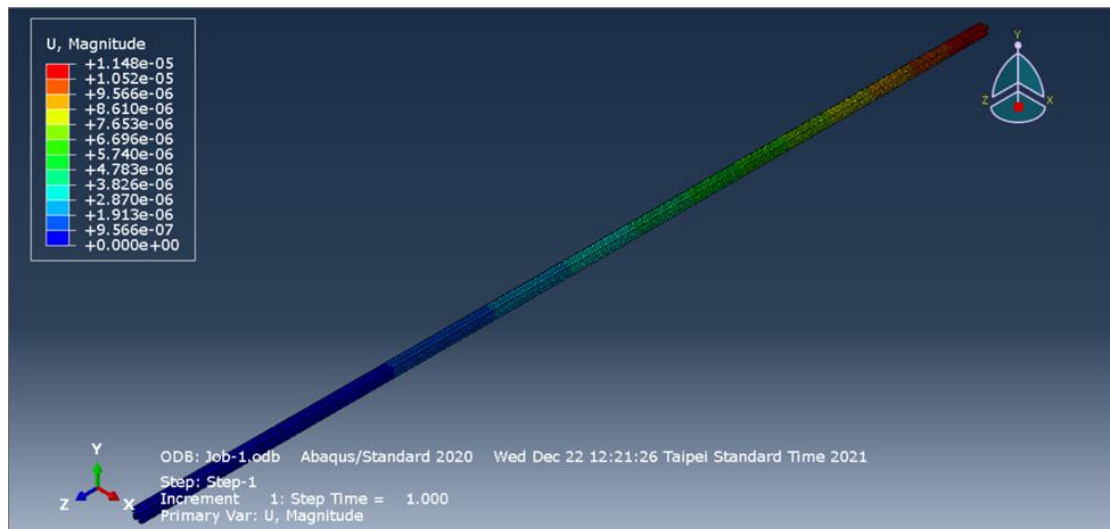
以下是鋁擠型的應力分析：



圖十九、鋁擠型的應力分佈

鋁擠型在量測的過程中發生斷裂是非常可怕的，一是其斷裂會砸壞感測器，二是會砸到待量測的管件，使其表面刮傷或受損。不過從分析結果來看，鋁擠型沒有發生應力集中的問題，其最大的 Von Mises Stress 也只有 3.766 Pa，非常的小，基本上非常安全。

接下來是變形量：



圖二十、鋁擠型的變形量

從圖二十可以看到，最大的變形量發生在放置感測器的那一端，分別是 1.148e-5m，差不多介於容許值附件，可以通過三角支架和氣壓缸的幫助下進行校正，故本組在機台上自行設計的部分都相當安全，基本上在量測的過程中很難發生損壞的情況。

## 八、效能評估

量測流程：

1. 調整管件支撐台數量與位置，放入管件。
2. 啟動外徑感測器。
3. 得到外徑數據後，根據軟體推算之管件圓心，啟動螺桿升降台將工作平台移至適當位置。
4. RF602 啟動(對地面方向量測)同時伸縮桿慢慢往前，當 RF602 量測到合理內徑值時即開始量測。
5. 正轉一圈(2.5 秒)後反轉一圈(0.5 秒)，滑台前進 1mm，重複此步驟。
6. 量測桿深入管件 50cm 後，使用氣壓缸放出三角支撐架，繼續前面的步驟。
7. 當 RF602 測到不合理內徑值時代表已超出管件，量測完畢，收回量測桿與三角支架。

量測桿推出採樣：

- a. 縱向每 1mm 採一個點、旋轉一圈採 500 個點。
- b. 每前進 1mm，探測器旋轉 360 度測量，反轉回歸後再推進，以此類推。

我們選用的內部量測器 RF602 使用雷射進行距離量測，單次測量單一個點，因此我們將管件內表面分割成許多細小區域，Z 方向每 1mm 一格， $\theta$  方向則平均分割成 500 格，依次量測，最後將所有量測到的數據進行分析與建模，即可得到管件內部的細節。

量測速度評估：

部件	最大速度	設計速度
AIMS (平台升降機構)	500mm/s	100mm/s
AIMT (量測桿水平移動)	5000mm/s	100mm/s
SG90 (旋轉用伺服馬達)	120rpm	24rpm (去) 120rpm (回)
RF602 (內部量測)	採樣間距 5ms	一圈採 500 點 共 2.5s

若以 3000x300mm 的最大管件評估耗時：

- 舉升耗時 2s。
- 共需  $500 \times 3000 = 150000$  個採樣點。
- 若忽略推進耗時，僅考慮旋轉測量部分：

$$(5\text{ms} \times 500 + 0.5\text{s}) \times 3000 = 9000\text{s} = 2.5\text{hr}$$

(旋轉測量時間+回歸時間)

PS 此報告部分內容與口頭報告有出入，是由於製作此報告時，我們發現某些部份能夠再加以改進，抑或是可以在進一步降低成本的同時不影響整個機構。

## 九、參考資料

管件內部感測器：

[https://riftek.com/upload/iblock/7f6/Laser\\_Triangulation\\_Sensors\\_RF602\\_Series\\_en.pdf](https://riftek.com/upload/iblock/7f6/Laser_Triangulation_Sensors_RF602_Series_en.pdf)

鋁擠型：

<https://tw.misumi-ec.com/vona2/detail/110302686450/?KWSearch=%e9%8b%81%e6%93%a0%e5%9e%8b&searchFlow=results2products&CAD=01>

鋁擠型滑動部件：

<https://tw.misumi-ec.com/vona2/detail/110302264440/>

基座 M30 螺栓：

<https://tw.misumi-ec.com/vona2/detail/221000550533/>

基座感測器：

[https://www.sick.com/tw/zf/distance-sensors/ultrasonic-sensors/um18/um18-212167101/p/p654040?fbclid=IwAR04fVsMoOk4PspnL\\_gDmISpujUxeSGmNj6ITuRd1s9EduWYdFgKTQcfRY](https://www.sick.com/tw/zf/distance-sensors/ultrasonic-sensors/um18/um18-212167101/p/p654040?fbclid=IwAR04fVsMoOk4PspnL_gDmISpujUxeSGmNj6ITuRd1s9EduWYdFgKTQcfRY)

滑台：P77.螺桿滑台(垂直升降) / P144.皮帶滑台(量測桿水平移動)

<https://drive.google.com/drive/folders/1SsHwYnBP2Q6g0kjNrofdLIkYrYojYFad>

升降軌道、陪林、滑輪與纜繩螺栓、氣壓缸：

<https://www.mcmaster.com/>

鋁擠型支撐滾輪：

<https://www.j-top.com.tw/%E7%94%A2%E5%93%81%E7%B0%A1%E4%BB%8B/%E6%BB%B%E8%BC%AA%E6%BB%91%E8%BB%8C-roller-tracks/>

鑄鐵原料價格：

<https://www.yidecasting.com/cast-iron-price/>

鋁原料價格：

<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=aluminum&months=300>

鐵原料價格：

<https://mepsinternational.com/gb/en/products/world-steel-prices>