



GMT GLOBAL INC.

R-Servo Driver User Manual

R-Servo單軸系列 - 伺服驅動器

使用手冊



前言

感謝您使用 R-Servo 單軸系列伺服驅動器！

R-Servo 單軸系列驅動器是由本公司合作開發的一款小功率、高性能緊湊型低壓直流伺服驅動器，目前有覆蓋 0-750W 功率等級。支援標準的 EtherCAT/CANopen/Modbus 通訊，配有智能化的調適工具，具有全中文界面，參數一鍵導入，圖像化調適等功能。支援多種馬達類型（永磁同步伺服馬達 / 直流無刷馬達 / 直線馬達 / 力矩馬達 / 音圈馬達 / 步進馬達）以及豐富的反饋類型（增量式 / 絕對值 / 霍爾）。該系列伺服占用空間小，具有高精度、高性能、高可靠特點，適用於電子製造、機器人、半導體、倉儲、交通、物流、醫療、傳統製造等。

本手冊為 R-Servo 單軸系列驅動器使用手冊，提供了產品介紹、安裝配線、參數設置與調適、故障診斷和排除及日常維護相關注意事項，通信協議介紹及模組配置等內容，對於初次使用用戶，請認真閱讀本手冊，如對功能及性能方面有疑惑，請諮詢我公司的技術人員獲得幫助。

在開箱時，請認真確認：

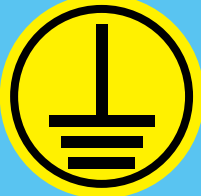
確認項目	說明
所訂購機型與到貨是否相符？	請根據驅動器銘牌確定驅動器型號。
產品配件是否齊全？	請查看整機，確認驅動器端子及接頭是否齊全（建議購買廠商推薦線纜），有無手冊。
產品是否有損壞？	請確定產品是否在運輸過程中有損壞。
• 如以上任何一項有問題，請與您的供貨商聯繫或本公司解決。	

產品電氣安全使用規範

尊敬的用戶，您好！在對 R-SERVO 伺服驅動器產品進行裝配和調適之前，請詳細閱讀如下所述伺服驅動器產品安全使用規範。不正確地使用本產品可能會導致人身傷害或設備損壞。務必嚴格遵守相關說明和要求。

- 1、設備上電操作前，請確保設備各系統組件必須接地，通過低阻抗的接地來保證電氣安全（根據 EN/IEC 618005-1 標準，保護等級 1）。同時馬達應通過獨立的接地導體連接至保護地，其接地導體的規格不可低於馬達動力電纜的規格。
- 2、只有合格技術人員才能執行本產品的安裝、操作、檢修和維護程序。這些合格人員必須受過充分技術培訓並掌握充足知識，能夠預測和識別使用產品、修改設置以及操作整個機器系統的機械、電氣和電子部件時可能出現的潛在危險，設置急停開關，以確保不可預見的操作，造成人員傷害或財產損失。
- 3、本產品內有對靜電敏感的元件，不正確的放置會損壞這些元件，請避免本產品接觸到高絕緣材料（如人造纖維、塑料薄膜等等），應將其置於導電表面。操作人員操作前必須通過靜電手環，釋放一切可能產生的靜電。
- 4、為避免在操作過程中造成嚴重的人身傷害或產品損壞，請在產品調適時加上防護罩，設備調適時關閉所有機櫃門。
- 5、本手冊使用以下標識術語，為預防人員傷亡及設備損壞需遵守的事項進行進一步說明。
通過標識術語區分誤操作時會產生的危害及損害程度。

內容均為與安全相關的重要內容，請務必遵守：

	危險標誌 • 上電前請仔細閱讀產品使用手冊，確保最高供電電源電壓不要高於產品規格描述中電壓範圍，實際使用最大電流不超過產品規定最大峰值電流。 • 上電前檢查接線，避免 U\W\PE\DC+\DC- 之間出現任何短路及不正常連接，否則燒毀驅動器甚至產生電火花造成人身傷害或者死亡。 • 須避免 DC+\DC- 反接，否則燒毀驅動器甚至產生電火花造成人身傷害或者死亡。 • 爲了避免電弧等對人員和電氣觸點的危害，禁止在伺服上電情況下，去帶電插拔伺服所有接頭線纜。 • 在接線、檢查、維護等作業前，請務必切斷所有電源供電，確認伺服指示燈熄滅，且 DC 側電壓輸入爲 0V，否則會導致驅動器損壞或人員觸電的風險。
	警告標誌 • 爲了散熱，驅動器之間應按要求保持一定間距，工作運行環境需符合產品環境標準要求，另根據實際情況增加二級散熱板。 • USB 不支援熱插拔，否則可能因爲驅動器與 PC 之間存在電壓差，導致驅動器或者 PC 損壞，必須斷電才能插拔。 • 非必要請避免編碼器 5V 使用外部電源供電，如遇特殊情况采用外部 5V 供電方式，需保證將 5V 的參考地共地（即避免產生壓差），否則有損壞驅動器風險。 • 控制開關電源給驅動器通斷電時，務必在開關電源的交流輸入側進行，以免在開關動作時產生的瞬時尖峰電壓導致驅動器過壓損壞。 • 帶 STO 功能產品，上電運行前請確保安全扭矩關斷功能是有效的。 • 確保驅動器海拔不高於 1000m。 • 爲防止馬達回生現象，導致母線過壓，損壞驅動器硬件，應根據實際工況增加回生模組。 • 上電調適前請確保所有的安全措施已遵守本手冊中的安裝步驟。
	防靜電標誌 • 本產品僅適用於標準 ESD 作業環境，請確保操作環境無異常靜電源； • 人爲徒手操作時，操作人員必須通過靜電手環，釋放可能產生的靜電後，戴好防靜電手套，才能接觸伺服驅動器產品，進行安裝操作，避免接觸板子的元器件。 • 請避免本產品接觸到高絕緣材料（如人造纖維、塑料薄膜等等），應將其置於導電體表面。
	接地標誌 • 產品散熱板、外殼以及其他系統屏蔽地必須保證與大地可靠連接，否則可能會造成設備異常、損壞或者其他不可預知的危險。

本公司保留對產品不斷改進的權利，恕不另行通知

R-Servo 單軸驅動器嚴格按照 IEC60068 標準進行環境測試、EMC 測試、可靠性測試、壽命測試，滿足相應標準等級要求，保證客戶在複雜工業環境下應用可靠、穩定、低噪聲。

環境標準		
儲存溫度	IEC60068-2-1	-40 °C ~ +85 °C -70°C ~ +85 °C
操作溫度	IEC60068-2-2	0°C ~ +50 °C -40°C ~+50°C -55°C ~+50°C
濕度	IEC60068-2-78	95% 不結露
振動	IEC60068-2-6	2<f<9, 3.5mm; 9<f<200, 5g; 200<f<500, 5g; 10min
衝擊	IEC60068-2-27	15g 11ms half-sine pulse 3 times

EMC 標準		
電壓波動	IEC61000-4-29	+/-10%
電壓跌落和短時中斷	IEC61000-4-29	跌落 100%/0.1s
靜電	IEC61000-4-2	4KV 接觸放電，8KV 空氣放電
快速瞬變	IEC61000-4-4	2kV/5kHz 功率端子 1kV/5kHz 訊號端子
電磁傳導	IEC61000-4-6	0.15MHz-80MHz 10V 80%AM(1kHz)
電磁輻射	IEC61000-4-3	80MHz-1000MHz 10V/m 80% AM(1kHz)
電磁泄露	CISPR-16-1	C3/C4

版本變更記錄

日期	變更後版本	變更內容
2025-09	V1.0	第一版發行
2026-06	V1.1	修改 2.1 章節，新增大底板 RJ45 網口尺寸。

目錄Contents

前言	I		
版本變更記錄	V		
第 1 章 產品介紹	2		
1.1 產品概述	2		
1.2 型號介紹	3		
1.3 產品參數	4		
1.4 功能介紹	5		
第 2 章 安裝說明	6		
2.1 外形尺寸	6		
2.1.1 正面安裝（大底板）	6		
2.1.2 正面安裝（大底板 RJ45 網口）	7		
2.1.3 反面安裝（小底板）	8		
2.2 拆裝說明	10		
2.3 機械安裝	10		
2.3.1 安裝場所	10		
2.3.2 環境條件	10		
2.3.3 注意事項	11		
第 3 章 系統配線	12		
3.1 接口定義	12		
3.1.1 總線通信接口引腳定義	13		
3.1.2 J5 USB 調適接口	13		
3.1.3 J6 IO 接口引腳定義	13		
3.1.4 J7 編碼器接口引腳定義	14		
3.1.5 J2 脈衝接口引腳定義	15		
3.1.6 J9 電源輸入及動力電輸出接口引腳定義	16		
3.2 IO 接線說明	16		
3.2.1 DI 接線方法	16		
3.2.2 STO 接線方法	18		
3.2.3 DO 接線方法	18		
3.3 脈衝控制接線方法	20		
3.3.1 低速脈衝輸入時	20		
3.3.2 高速脈衝輸入時	22		
3.4 AI 接線說明	23		
3.5 線纜介紹	24		
3.5.1 編碼器線纜	24		
3.5.2 數位 IO 線	26		
3.5.3 通訊線	28		
3.5.4 脈衝控制線	30		
3.5.5 線纜插頭輔件	32		
3.6 回生模組	33		
3.6.1 回生模組介紹	33		
3.6.2 回生模組原理	33		
3.6.3 回生模組選擇	34		
3.6.4 回生模組接口定義	38		
3.6.5 回生模組接線	39		
第 4 章 試運行調適	40		
4.1 通訊連接	41		
4.2 參數設置	42		
4.2.1 馬達反饋	42		
4.2.2 用戶單位	44		
4.2.3 限幅保護	45		
4.3 磁極校準	45		
4.3.1 電流環自整定	46		
4.3.2 手動校準	46		
4.3.2.1 相序轉向檢測	46		
4.3.2.2 Hall 檢測	46		
4.3.2.3 相位初始化檢測	47		
4.4 增益調整	49		
4.4.1 概述	49		
4.4.2 慣量辨識	50		
4.4.3 自動調諧	51		
4.4.3.1 簡易模式	51		
4.4.3.2 專家模式	53		
4.4.4 手動增益調整	55		
4.5 運動控制	65		
4.5.1 位置控制模式	65		
4.5.2 速度控制模式	66		
4.5.3 歸原點模式	67		
4.6 故障處理	103		
第 5 章 故障說明	104		
第 6 章 調適軟件 R-SERVO			
Application Studio I	109		
6.1 軟件下載	109		
6.1.1 系統需求	109		
6.1.2 軟件安裝	109		
6.1.3 驅動安裝	111		
6.2 韌體升級	112		
第 7 章 通信說明	113		
7.1 CANopen 通信	113		
7.1.1 CANopen 協議	113		
7.1.2 CANopen 使用	124		

第 1 章 產品介紹

1.1 產品概述

R-Servo 單軸系列低壓直流伺服驅動器的功率範圍覆蓋 0-750W 應用。支援 EtherCAT、CANopen、Modbus、脈衝和類比量控制；支援 6 路數位輸入、4 路數位輸出、2 路類比輸入；支援增量式編碼器、霍爾編碼器、旋轉絕對值編碼器（BISS-C、SSI、Endat2.1/2.2、Tamagawa、Nikon、Sanyo、Panasonic、Tamaga、*BISS-B）、SinCos 12bit、*直線絕對值編碼器、SinCos(*16bit)。

馬達類型支援永磁同步馬達、直流無刷馬達、直流有刷馬達、空心杯馬達、直線馬達、音圈馬達、步進馬達、減速馬達等。



► 圖 1-1 伺服驅動器外觀圖

1.2 型號介紹

表 1-1 產品規格

碼位	1	2	3	4	-	5	6	7	8	9	10	11	12	-	13	14
範例	G	SV	R	01	-	B	005	E	B	0	6	0	S	-	0	0
1, 2	GSV：高明鐵伺服驅動器															
3	R：R-SERVO															
4	軸數： 01：1 軸															
5	額定輸入電壓 B：DC 12~72V C：DC 12~90V(僅支援單軸)															
6	單軸輸出電流 005：5A 010：10A 020：20A(僅支援單軸)															
7	上位通訊方式 E：EtherCAT C：CANopen+Modbus+ 脈衝 + 類比量															
8	編碼器回饋： B：增量式編碼器、霍爾編碼器、Sincos 12bit、 旋轉絕對值編碼器 (BISS-C、SSI、Endat2.2、Tamagawa、Nikon、Sanyo、Panasonic)、 直線絕對值編碼器 (BISS-C、SSI、Endat2.2)															
9	運轉溫度等級： 0：-20 ~ 60℃ (預設) 1：-40 ~ 60℃ 2：-55~60℃															
10	產品外形結構： 0：大底板 (RJ45 網口 _ 正鎖) (僅支援單軸) 3：小底板 (RJ45 網口 _ 背鎖) (僅支援單軸) 6：插針結構，有散熱底板															
11	特殊功能： 0：不支援特殊功能 (預設) 1：支援分頻輸出、飛拍 (僅支援單軸)															
12	STO 功能： S：帶 STO(預設)															
13, 14	保留															

1.3 產品參數

表 1-2 產品參數

輸出電流規格		005	010	020
輸出功率	額定功率 (W)	0-200	0-400	0-750
	額定電流 (A)	5	10	20
	瞬時峰值電流 (A)	12.5	25	50
	瞬時峰值電流持續時間 (s)	3	3	3
輸入功率	額定輸入電壓 (V)	12-60		
	最大輸入電壓 (V)	72		
通信方式	總線	EtherCAT、CANopen、Modbus		
	脈衝	脈衝 + 方向位置控制、PWM 速度 / 電流控制		
	調適	USB		
馬達反饋	B:增量式編碼器、霍爾編碼器、旋轉絕對值編碼器 (BISS-C、SSI、Endat2.1/2.2、Nikon、Sanyo、Panasonic、Tamagawa、*BISS-B)、Sincos12bit、* 直線絕對值編碼器			
數位 IO	輸入	隔離 6 路		
	輸出	隔離 4 路		
類比訊號 AI	輸入	-10V~+10V 2 路 12 位分辨率		
狀態顯示	雙色 LED，紅、綠			
馬達控制	位置、速度、電流三環控制，電流環 50us、位置 / 速度環 200us			
故障保護	短路、過電流、過溫、過壓、欠壓、超速、編碼器通訊錯誤等			
機械	尺寸： 結構 0:CANopen 款 :56mm*58mm*32mm EtherCAT 款 :56mm*60mm*32mm 結構 1*:CANopen 款 :58mm*40mm*19mm EtherCAT 款 :59mm*40mm*18mm 重量： 結構 0:CANopen 款 :84g EtherCAT 款 :85g 結構 1*:CANopen: 款 :69g EtherCAT 款 :71g			

1.4 功能介紹

該產品採用先進的矢量控制算法，系統響應速度很高

表 1-3 伺服功能介紹

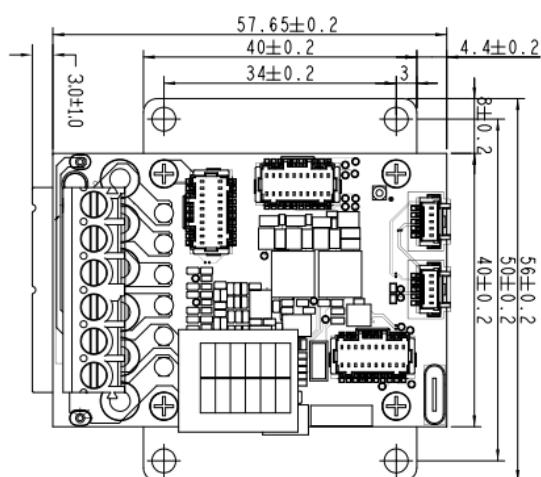
功能	內容
伺服控制	1. 電流環頻寬 4.5KHz，電流環、速度環、位置環採樣頻率分別為 20KHz，5KHz，5kHz。 2. 支援位置、速度、轉矩三環控制。 3. 支援動態 PID 下載。 4. 支援濾波參數調適。 5. 支援實時讀取伺服系統參數。 6. 支援死區補償。 7. 支援位置角補償。 8. 位置、速度、轉矩指令支援全 32 位數據範圍。 位 置：-2×10 ⁹ count~+2×10 ⁹ count 速 度：-2×10 ⁹ count/s ~+2×10 ⁹ count/s 加速度：-2×10 ⁹ count/s ² ~+2×10 ⁹ count/s ²
運動控制	1. 基於 EtherCAT(COE) 協議，完全支援 CIA402 位置模式、速度模式、轉矩模式、歸原點模式、周期同步模式； 2. 支援 S 曲線； 3. 支援位置指令細插補；
反饋端子	支援以下反饋方式： 1. 絕對式編碼器； 協議支援： BISSC\SSI\Panasonic\Endat2.1/2.2\Nikon\Sanyo\Tamagawa 等主流協議。 2. 增量式編碼器； 支援數位正交編碼，最大支援頻率倍頻前 10M，倍頻後 40M。 支援 SinCos 類比量編碼器 3. 數位霍爾傳感器； 達到 4kHz 的換相頻率，支援 5V 的邏輯電位。 4. 增量式編碼器 + 數位霍爾傳感器；
通信	支援以下通信協議 1. EtherCAT slave； • CoE（CANopen over EtherCAT）； • 支援分布時鐘； • 支援同步周期模式，同步周期 1~4ms； 2. USB 2.0； 3. Modbus； 4. CANopen；
數位 IO	1. DI 可配置以下功能： • 正負極限開關 • 原點開關 • 激磁 • 馬達過溫 • 啟動 • 正常\緊急停機 • 正向 / 反向點動 • 零點校準 • 清除故障 • 歸原點 • 外部故障輸入 2. DO 可配置以下功能： • 遠程 DO • 故障輸出 • 煞車輸出 • 目標到達

第 2 章 安裝說明

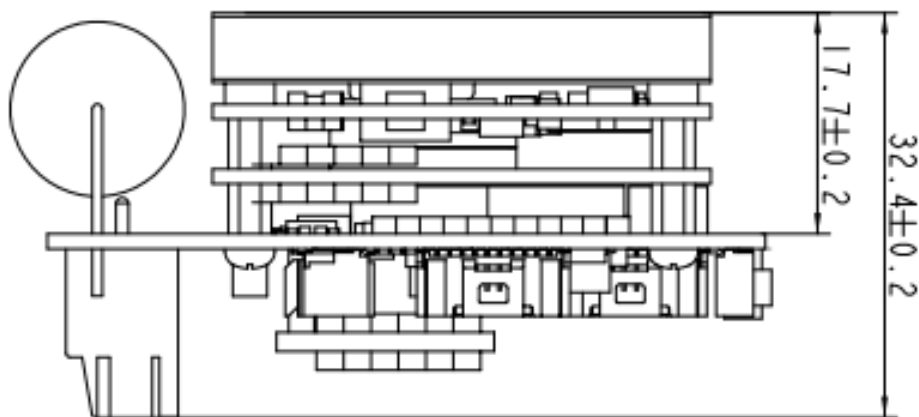
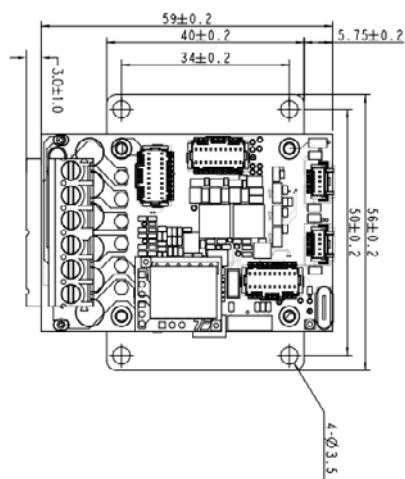
2.1 外形尺寸

2.1.1 正面安裝（大底板）

Canopen 款：



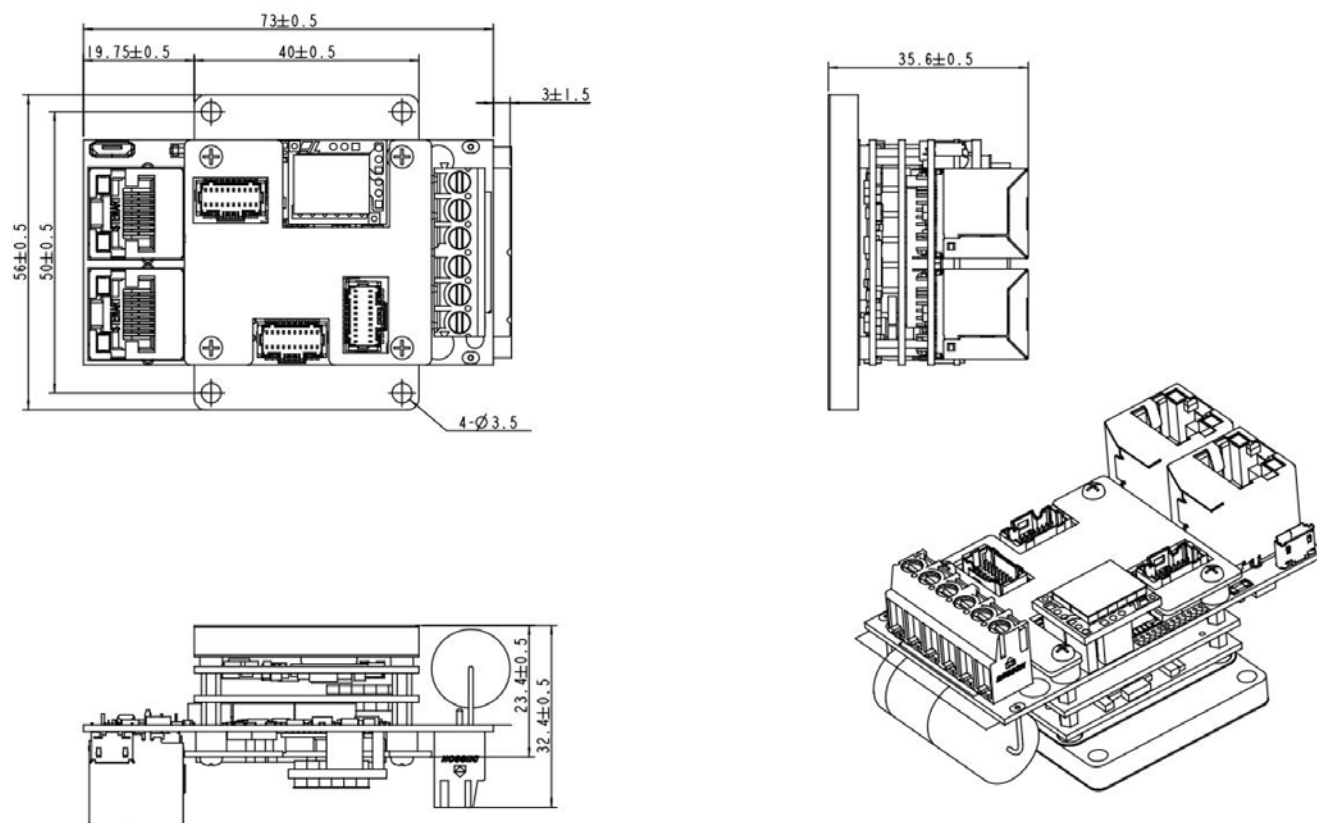
EtherCAT 款：



► 圖 2-1 驅動器機械尺寸圖 單位 mm

2.1.2 正面安裝（大底板 RJ45 網口）

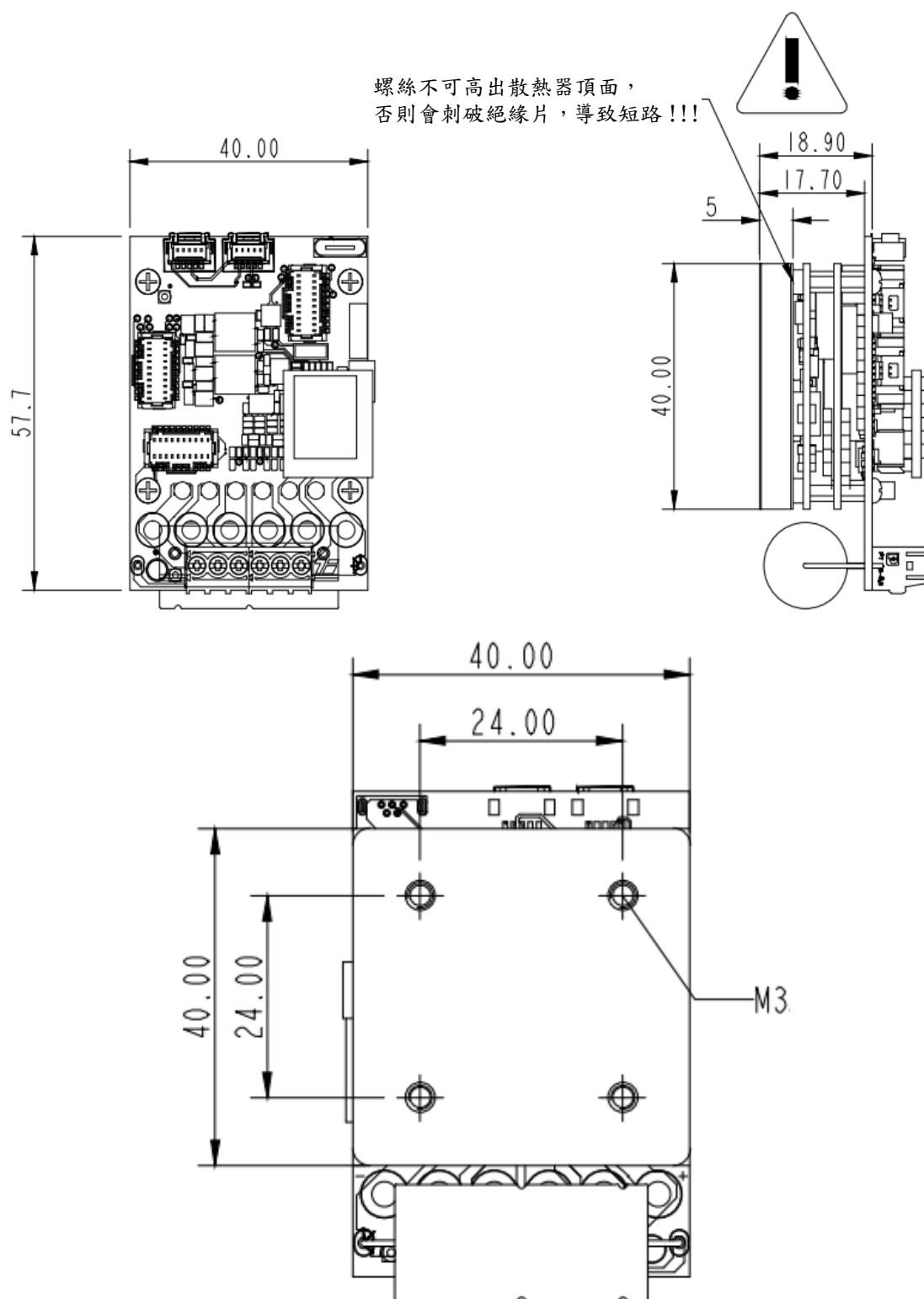
EtherCAT 款：



► 圖 2-2 驅動器機械尺寸圖 單位 mm

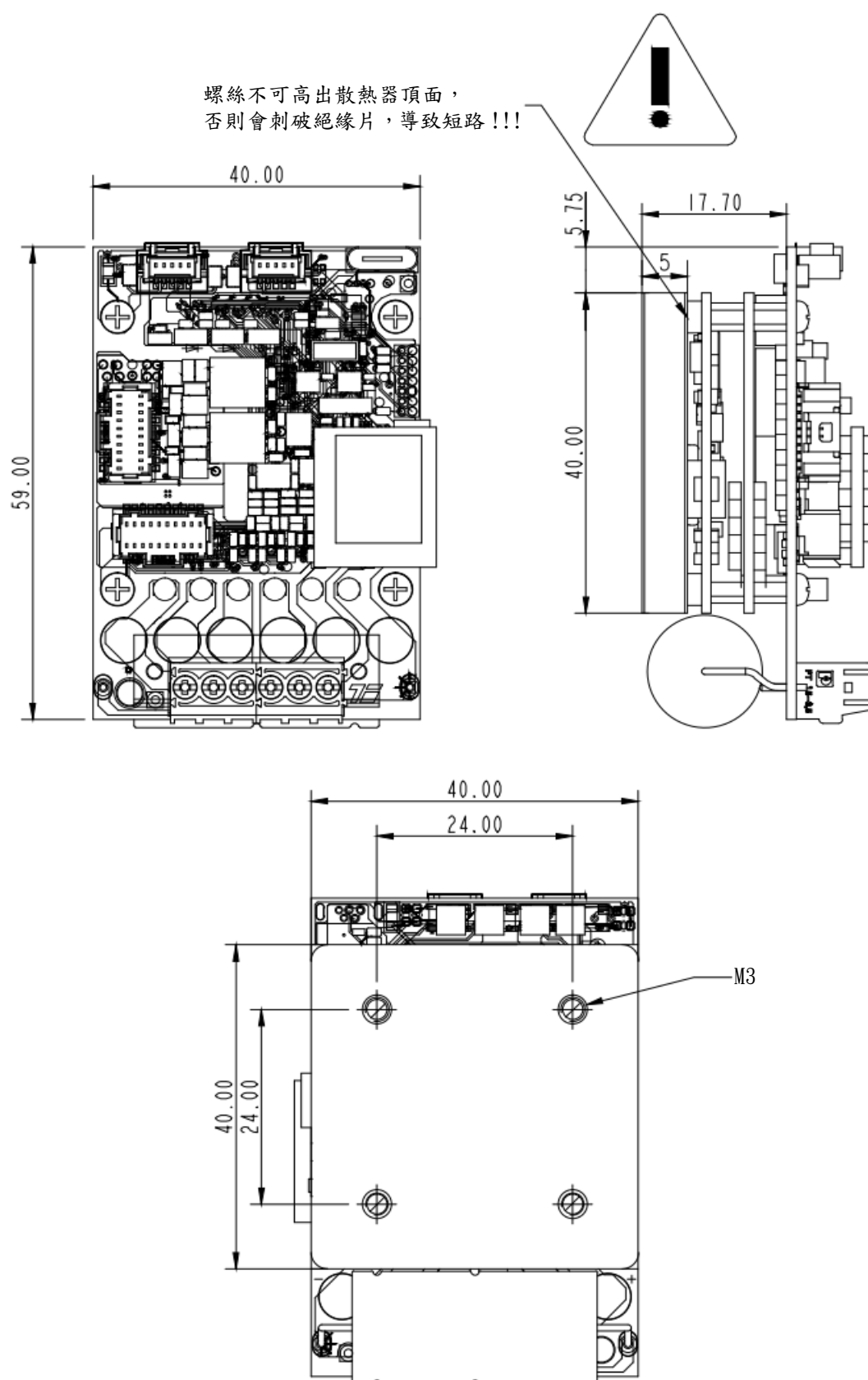
2.1.3 反面安裝（小底板）

CANopen 款：



► 圖 2-3 驅動器機械尺寸圖 單位 mm

EtherCAT 款：



► 圖 2-4 驅動器機械尺寸圖 單位 mm

2.2 拆裝說明

在開始安裝之前，請確認在產品的包裝裡面有以下物料：

- (1) 伺服驅動器；
- (2) 伺服驅動器對應的接頭；

在拆裝的過程中注意以下幾點：

- (1) 小心移除包裝盒；
- (2) 確認設備沒有外觀的損壞，如果有損壞，請報告給客服人員；
- (3) 在伺服驅動器外殼上讀取產品型號，確認是您期望的產品；
- (4) 確認設備的額定電壓滿足您的具體要求。

2.3 機械安裝

- (1) 該伺服是基座型伺服放大器，如果安裝方法錯誤，則會發生故障；
- (2) 機構的安裝設計請嚴格參考產品的 3D 模型圖紙進行；
- (3) 反面安裝時特別需要注意鎖附螺絲螺紋進入安裝散熱板的深度要小於 5mm。

2.3.1 安裝場所

- ◆ 請勿在有硫化氫、氯氣、氨、硫磺、氯化性氣體、酸、碱、鹽等腐蝕性性及易燃氣體環境、可燃物等附近使用本產品。
- ◆ 請勿在安裝在高溫、潮濕的場所及灰塵、鐵粉多的環境中。
- ◆ 請勿在封閉環境中使用伺服，封閉環境會導致伺服高溫，縮短使用壽命。
- ◆ 200W 及以下功耗安裝無特殊要求，400W 安裝需確保產品安裝的二級散熱安裝面溫度低於 55℃；750W 工况使用需確保產品安裝面的最高溫度低於 55℃，並保證至少 3m/s 的風速對流，風向沿著 PCB 水平方向。

2.3.2 環境條件

項目	描述
使用環境溫度	0：0 ℃ ~50 ℃；1：-40 ℃ ~50 ℃；2：-55 ℃ ~50 ℃
使用環境濕度	95%RH 以下（不結露）
儲存溫度	-40 ℃ ~+85 ℃（不凍結） -70 ℃ ~+85 ℃（不凍結）
儲存濕度	0%~95%RH（不結露）
振動	5m/s ² 以下

2.3.3 注意事項

◆ 安裝方式

- i. 在安裝板的背面標註螺孔位置，散熱片孔規格為 M3。
- ii. 根據標註攻螺紋，攻出的螺紋應該提供較好全面的接觸。注意：安裝板的金屬表面不得有塗層或油漆，如有，請刮去。否則電磁兼容性會變差。
- iii. 伺服驅動器垂直安裝在背板上。注意安裝間距，並保證安裝表面接觸良好。

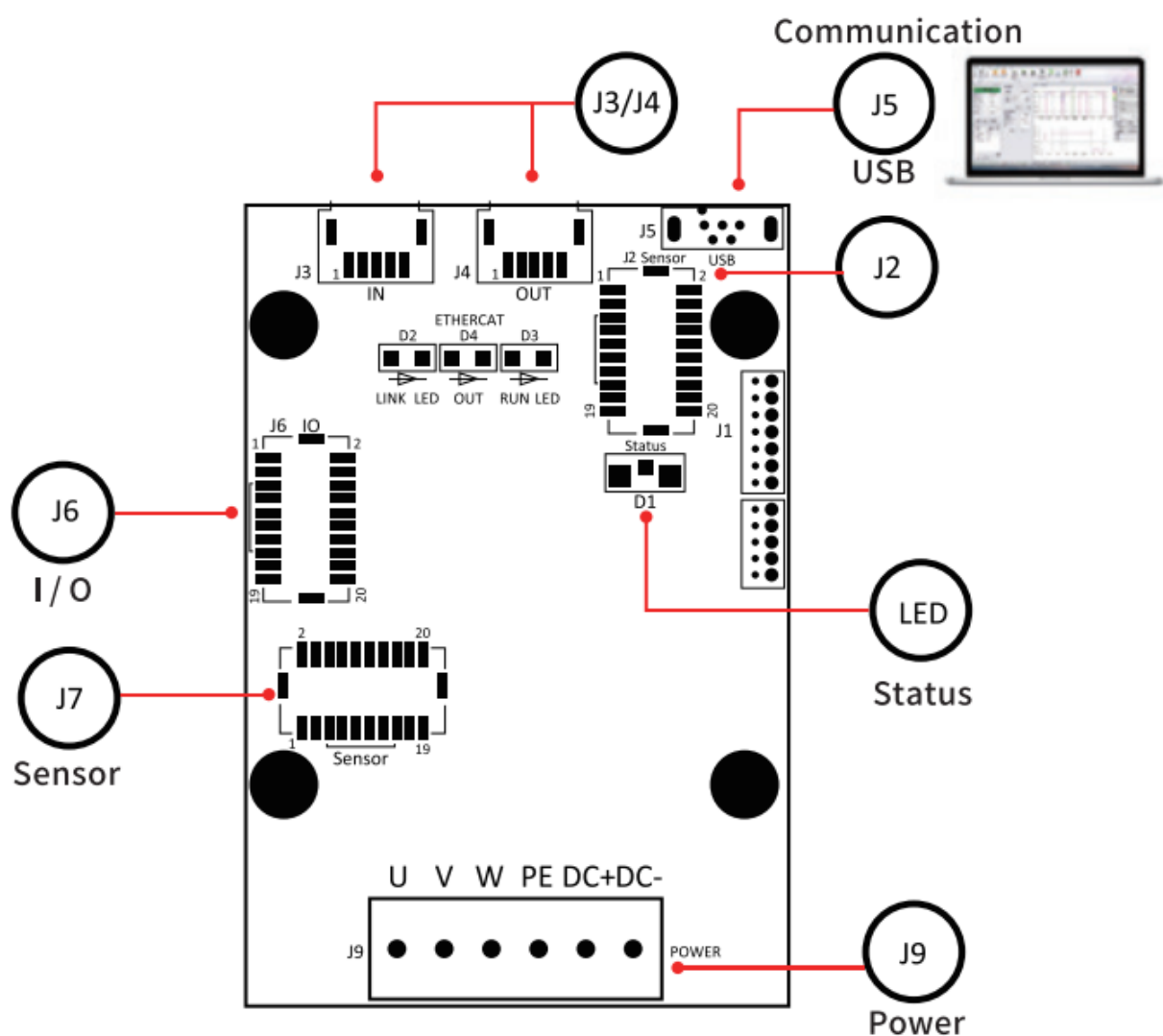
◆ 安裝方法

驅動器在牆壁上安裝要垂直放置，M3 螺絲必須鎖緊，200W 及以下功耗安裝無特殊要求，400W 安裝需確保產品安裝的二級散熱安裝面溫度低於 55℃；750W 工況使用需確保產品安裝面的最高溫度低於 55℃，並保證至少 3m/s 的風速對流，風向沿著 PCB 水平方向。

第 3 章 系統配線

3.1 接口定義

驅動器接口共 9 個接口。對外 8 個，分別為 J2 脈衝 / 分頻接口，J3-J4 CANpen/EtherCAT 通訊接口，J5 USB 通訊接口、J6 輸入輸出 IO 接口、J7 馬達編碼器反饋接口、J9 電源輸入及動力電輸出接口。各個端口引腳定義如下圖。



► 圖 3-1 驅動器接口定義

3.1.1 總線通信接口引腳定義

表 3-1 總線接口引腳定義

接口	接口引腳	引腳名字
J3/J4-EtherCAT (J3-IN; J4-OUT)	1	TX+
	2	TX-
	3	RX+
	4	RX-
	5	PE
J3/J4- CANopen/Modbus	1	RS485_A
	2	RS485_B
	3	CAN_L
	4	CAN_H
	5	PE

3.1.2 J5 USB 調適接口

客戶可以使用標準 USB-C 線纜與伺服通訊進行參數配置及調適

3.1.3 J6 IO 接口引腳定義

表 3-2 J6 接口引腳定義

接口	接口引腳	引腳名字
J6-IO 接口	1	+24V_DO
	2	DO_GND
	3	DO2_OUT
	4	DO3_OUT
	5	DO0_OUT
	6	DO1_OUT
	7	DI4_IN
	8	DI5_IN
	9	DI2_IN
	10	DI3_IN
	11	DI0_IN
	12	DI1_IN
	13	ST00
	14	DI_COM
	15	ST01
	16	ST0_RET
	17	NC
	18	NC
	19	NC
	20	NC

3.1.4 J7 編碼器接口引腳定義

表 3-3 J7 接口引腳定義

接口	接口 引腳	引腳名				
		絕對值	增量式	霍爾	類比量	電源
J7 馬達 編碼器 接口	1					PE
	2					GND
	3		INC_A+/Sin+			
	4		INC_A-/Sin-			
	5		INC_B+/Cos+			
	6		INC_B-/Cos-			
	7		INC_Z+/REF+			
	8		INC_Z-/REF-			
	9			HALL_U		
	10					5V
	11			HALL_W		
	12			HALL_V		
	13	ABS_CLK+				
	14	ABS_CLK-				
	15				AI1+	
	16				AI1-	
	17				AI2+	
	18				AI2-	
	19	ABS_DATA+				
	20	ABS_DATA-				
	16				AI1-	
	17				AI2+	
	18				AI2-	
	19	ABS_DATA+				
	20	ABS_DATA-				

注意：

1. 使用 Resolver 編碼器時，3/4/5/6 引腳為 Sin+/Sin-/Cos+/Cos- 訊號，7/8 引腳為 REF+/REF- 訊號，Resolver 單圈分辨率為 16384。
2. 絕對型接線 1：當絕對型編碼器為多摩川（Tamagawa）、尼康（Nikon）、三洋（Sanyo）、松下（Panasonic）時，需接 1（PE）、2(0V)、10(5V)、19(DATA+)、20(DATA-)；
3. 絕對值接線 2：當絕對值編碼器為 Biss\SSI\Endat 時，需接 1（PE）、2(0V)、10(5V)、13（CLOCK+/MA+）、14（CLOCK-/MA-）、19(DATA+/SLO+)、20(DATA-/SLO-)。

3.1.5 J2 脈衝接口引腳定義

表 3-3 J7 接口引腳定義

PIN	Signal	Function
1	PULSE+	PULSE+
2	PULSE-	PULSE-
3	Encoder_2A+	HPULSE+
4	Encoder_2A-	HPULSE-
5	Encoder_2B+	HSIGN+
6	Encoder_2B-	HSIGN-
7	Encoder_2Z+	SIGN+
8	Encoder_2Z-	SIGN-
9	Encoder_3A+	PAO+/PEG1+
10	Encoder_3A-	PAO-/PEG1-
11	Encoder_3B+	PBO+
12	Encoder_3B-	PBO-
13	Encoder_3Z+	PZO+
14	Encoder_3Z-	PZO-
15	Encoder_4A+	Encoder_4A+
16	Encoder_4A-	Encoder_4A-
17	Encoder_4B+	Encoder_4B+
18	Encoder_4B-	Encoder_4B-
19	Encoder_4Z+	Encoder_4Z+
20	Encoder_4Z-	Encoder_4Z-

注意：

1. J2 接口目前支援脈衝輸入 /PWM/ 分頻輸出 / 飛拍功能；
2. 其中脈衝輸入 3~6 針腳為高速脈衝口，支援 5V 差分輸入，最大頻率 4MHz；。
3. 其中脈衝輸入 1、2、7、8 針腳為低速脈衝口，支援 5~24V 集電極開路輸入。接入 5V 以上電壓時，需在外部串接限流電阻進行限流，頻率最大支援 200kHz；
4. 其中 9~14 為分頻輸出接口，9-10 複用為飛拍接口；

3.1.6 J9 電源輸入及動力電輸出接口引腳定義

表 3-1 總線接口引腳定義

接口	接口引腳	引腳名字
J9- 電源輸入及動力電輸出	1	U
	2	V
	3	W
	4	PE
	5	DC+
	6	DC-

注意：

- 1、音圈、直流有刷馬達時，動力線接 UV 相；
- 2、兩相四線步進馬達時，動力線 A+ \ B+ 分別接 U \ W 相，A- 和 B- 一起接 V 相。

3.2 IO 接線說明

3.2.1 DI 接線方法

(1) 當上位裝置使用繼電器輸出時（以 DI0 為例）：

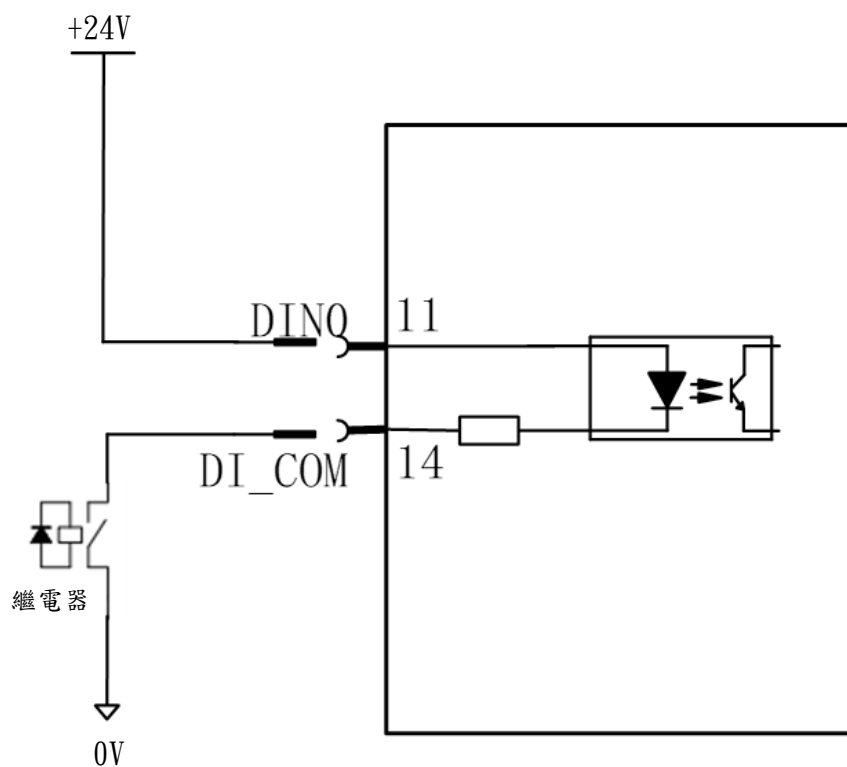


圖 3-2

(2) 當上位裝置使用集電極開路輸出時：

PNP 接法：

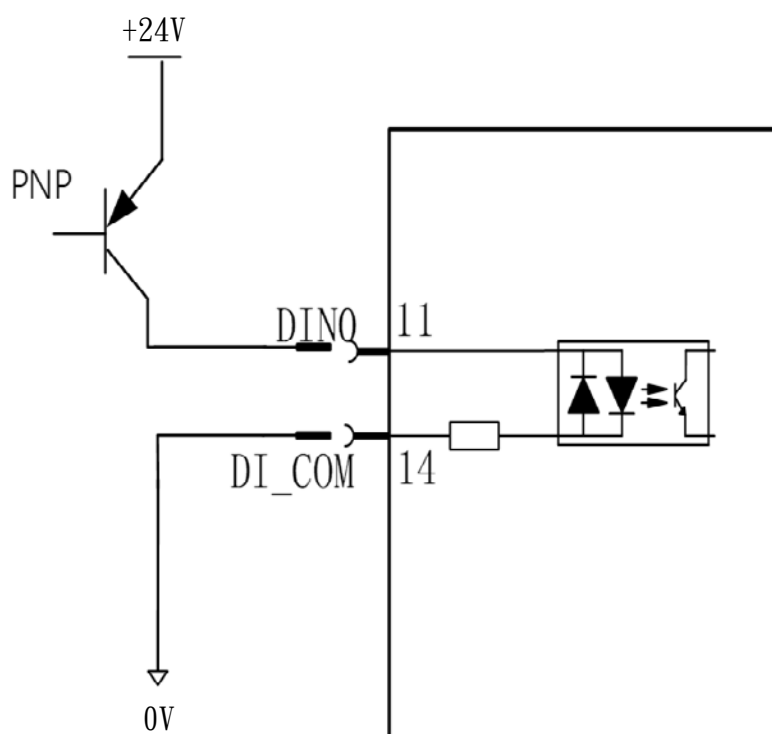


圖 3-3

NPN 接法：

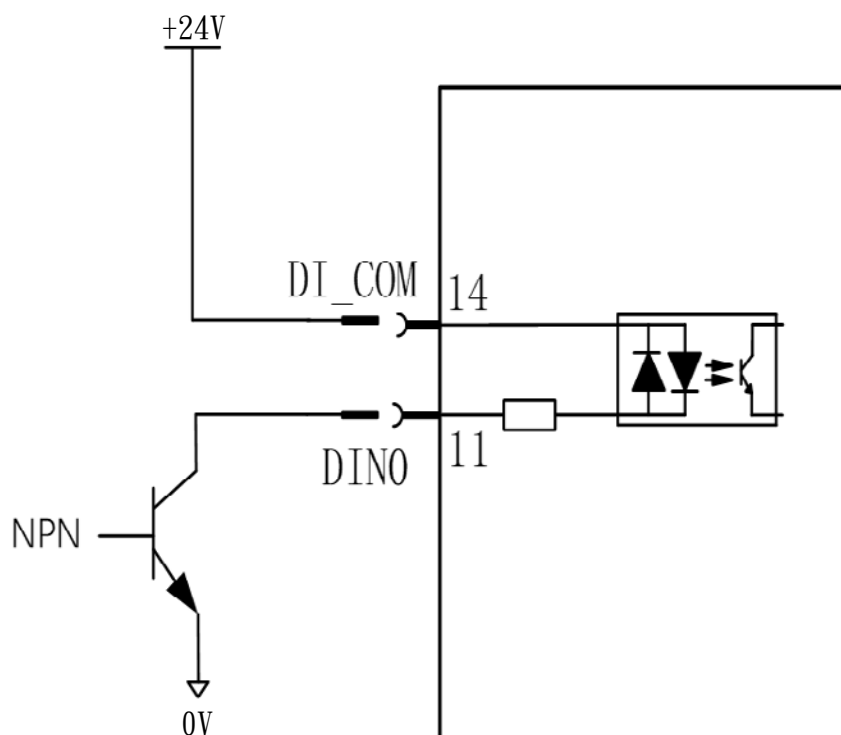


圖 3-4

注意：不支援 PNP、NPN 輸入混用情況。

3.2.2 STO 接線方法

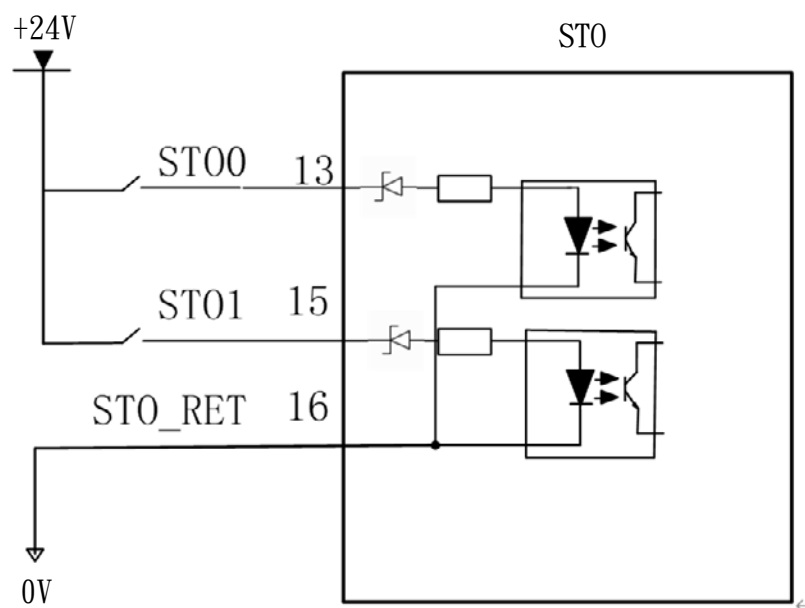


圖 3-5

注意：帶 STO 型號產品需接 STO 線才能正常工作，不帶該功能的產品不需要接，僅型號末尾為 S 產品具有 STO 即安全轉距關閉功能。STO0\STO1 斷開任何一腳則報警 0x2320 硬體短路，驅動器無法激磁，硬件接線恢復後報警可清除。

3.2.3 DO 接線方法

(1) 當上位裝置使用繼電器輸入時（以 DO1 為例）：

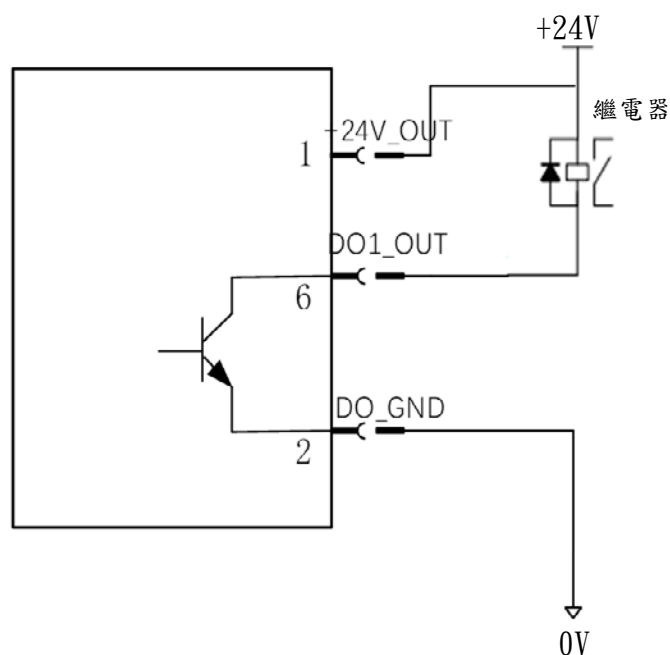


圖 3-6

(2) 當上位裝置使用光耦輸入時（以 D01 為例）：

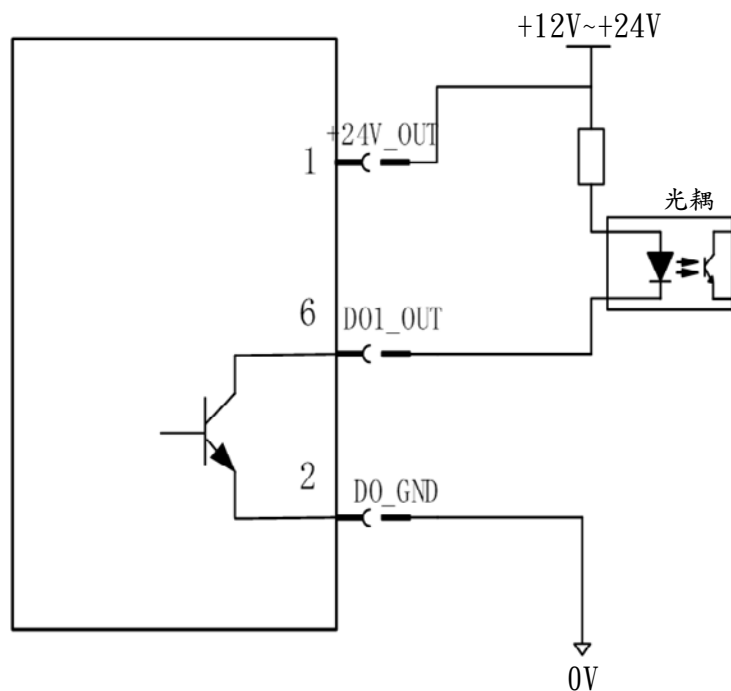


圖 3-7

注意：

- 1、DO_OUT 需上拉接限流電阻（需根據上位裝置光耦規格進行選配）；
- 2、驅動器內部光耦輸出最大允許電壓、電流容量如下：
 - ① 電壓：DC30V（最大）
 - ② 電流：DC400mA（最大）

3.3 脈衝控制接線方法

3.3.1 低速脈衝輸入時

(1) 上位為低速差分輸入時：

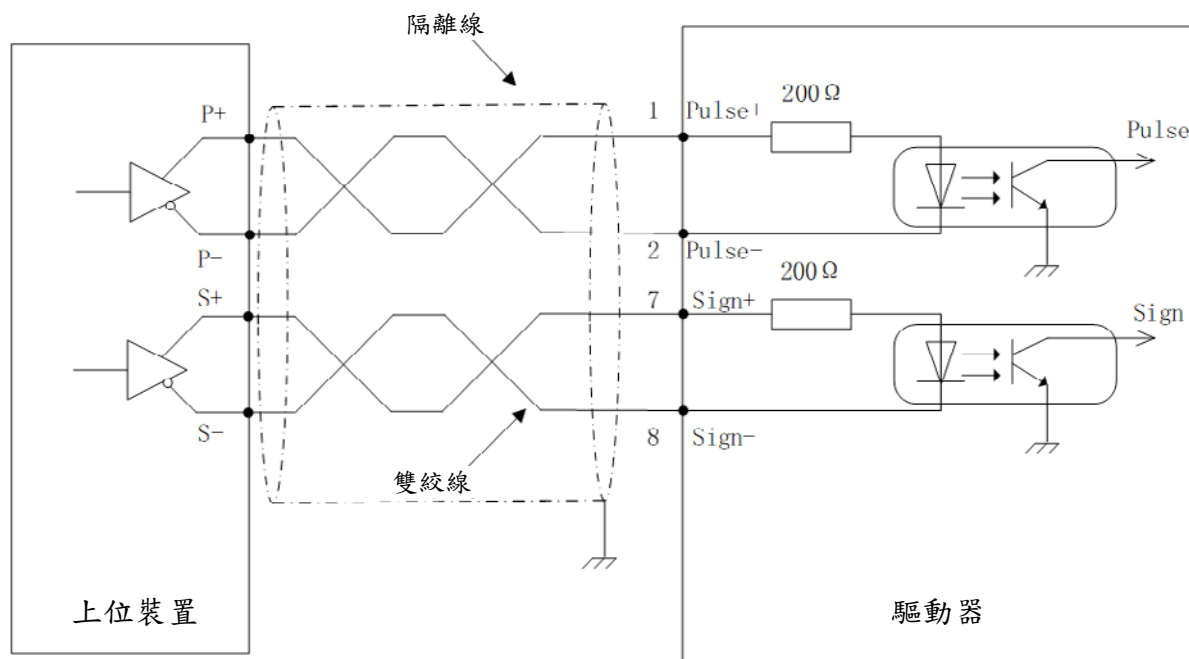


圖 3-8

(2) 上位為集電極開路輸出方式 NPN（共陰極）時：

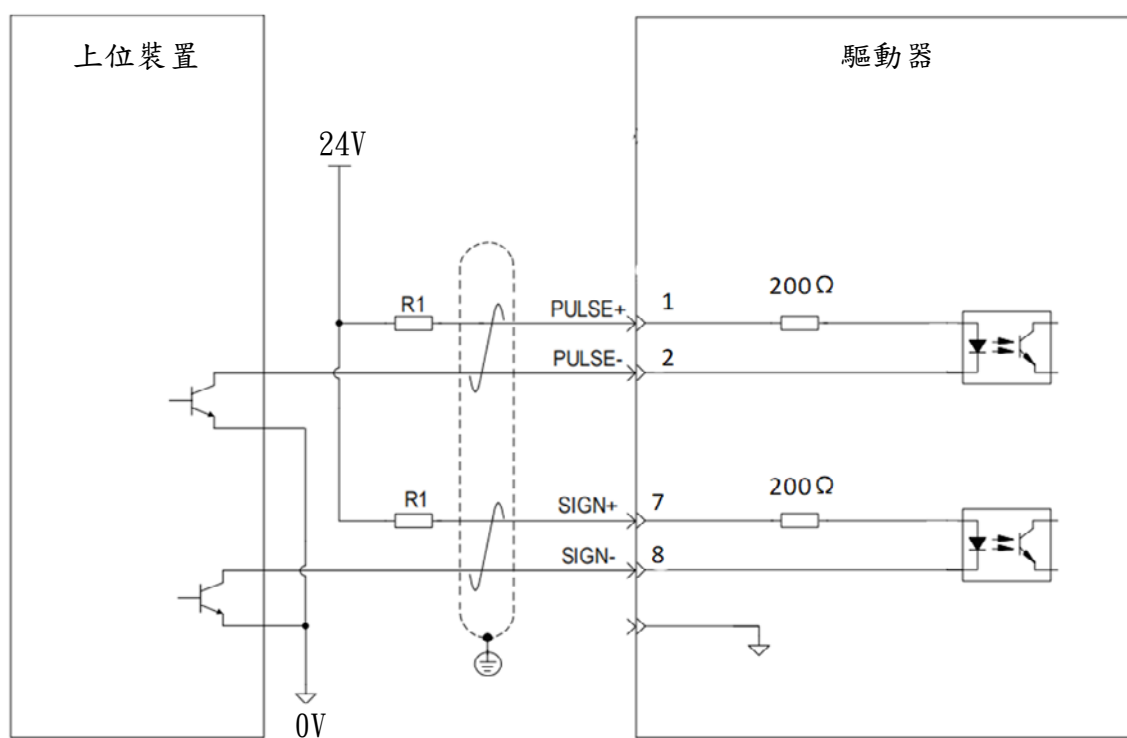
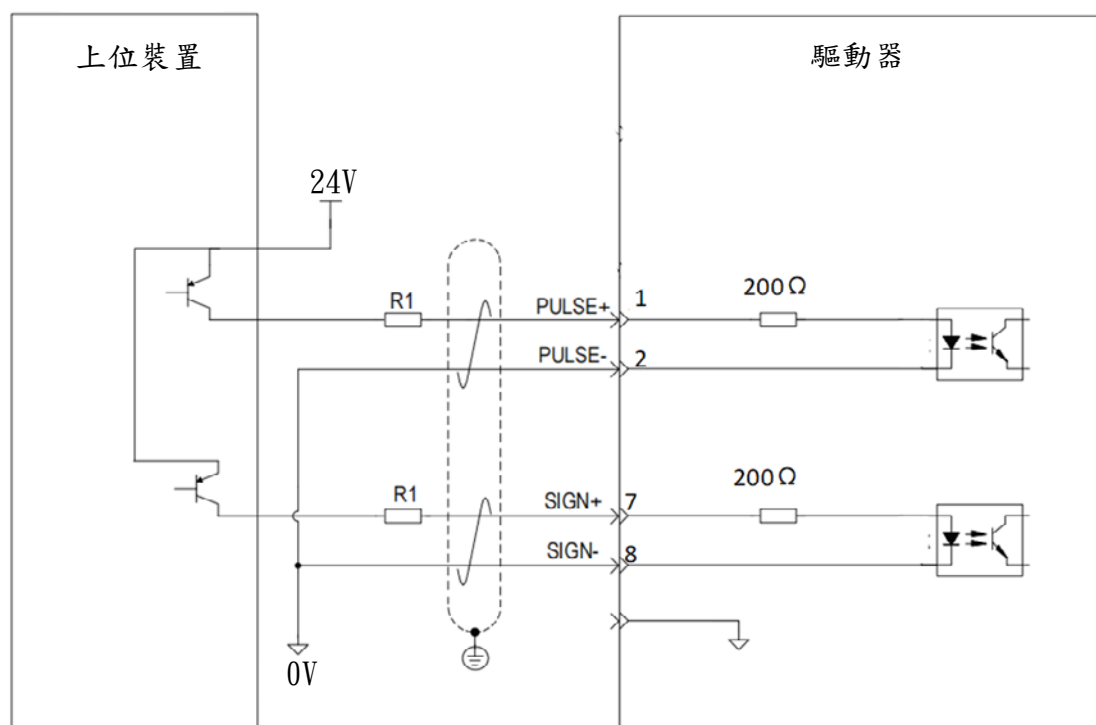


圖 3-9

(3) 上位為集電極開路輸出方式 PNP（共陽極）時：



► 圖 3-10

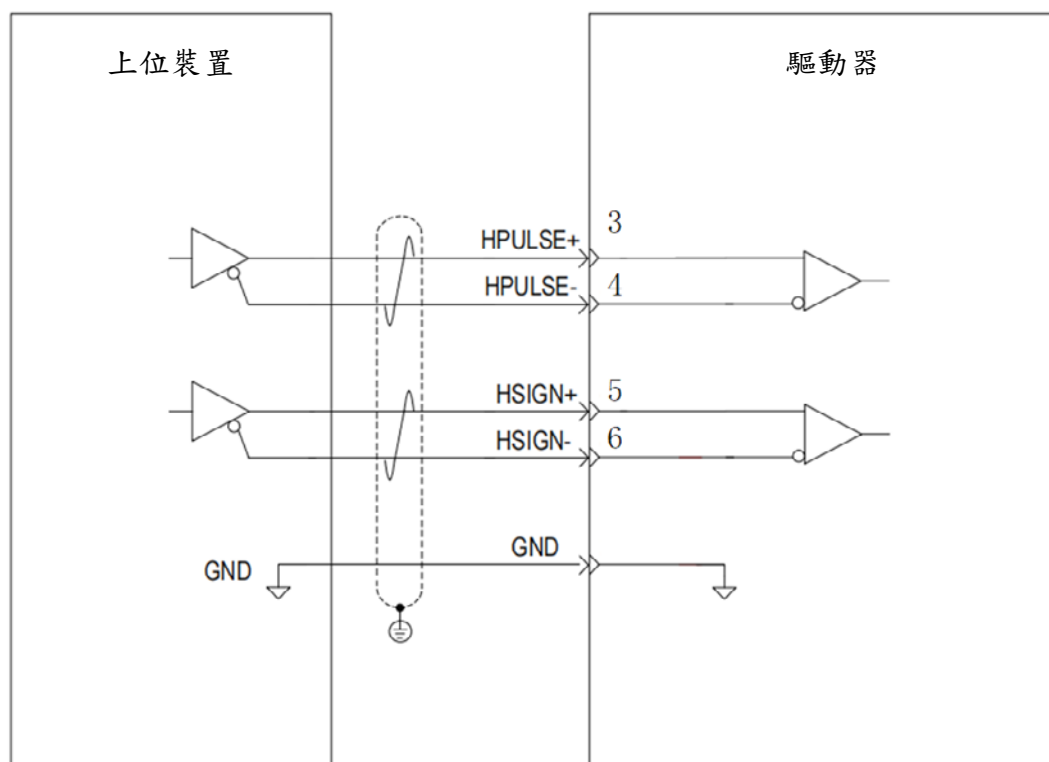
外置限流電阻 R1 的選型請滿足如下公式：

$$(V_{cc}-1.5) / (R1+200) = 10\text{mA}$$

推薦電阻：

VCC 電壓	R1 阻值	R1 功率
24V	2kΩ	0.5W
12V	1kΩ	0.5W

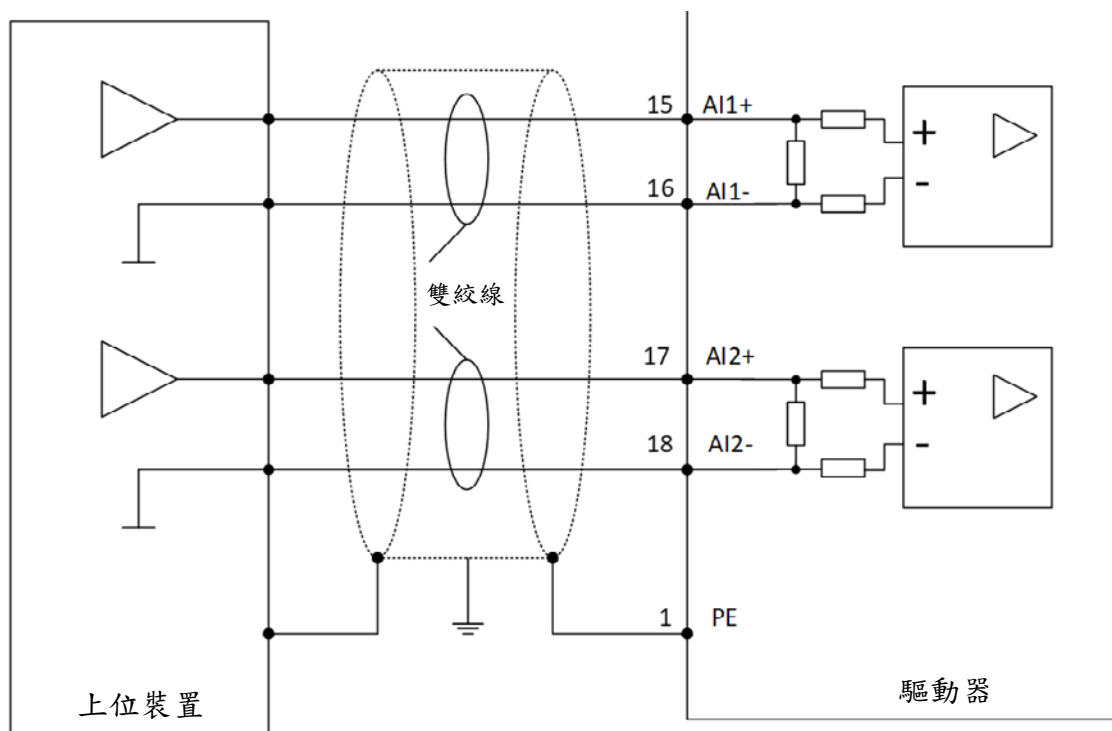
3.3.2 高速脈衝輸入時



► 圖 3-11

注意：上位裝置側的高速脈衝指令輸出電路需要通過差分訊號輸出給驅動器

3.4 AI 接線說明



► 圖 3-12

注意：

- 1、驅動器有 2 路類比量輸入電路，AI1 \ AI2，輸入電壓範圍 $-10V \sim +10V$ ，AD 精度為 12 位；
- 2、最大輸入電壓範圍 $\pm 12V$ ，超出有可能損壞電路；
- 3、輸入阻抗 $3.74k\Omega$ ；
- 4、上位可讀取 0x2413 (AI1)，0x2414 (AI2) 的值進行外部類比閉環控制。

3.5 線纜介紹

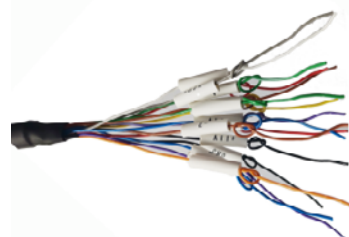
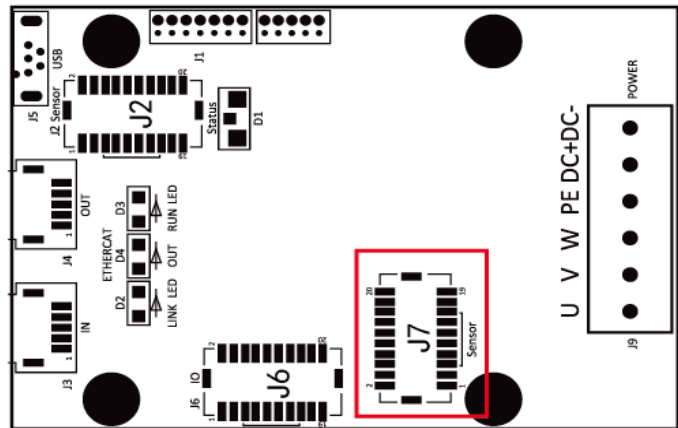
3.5.1 編碼器線纜

命名規則

表 3-5

碼位	1	2	3	4	-	5	6	7	8	9	-	10	11
範例	G	SV	R	C	-	E1	010	B	0	0	-	0	0
1, 2	GSV : 高明鐵伺服驅動器												
3	R : R-SERVO												
4	C : 線材												
5	編碼器類型 E1- 絕對值編碼器 E2- 增量式編碼器 E3- 雙反饋編碼器												
6	長度： 005 : 0.5m 010 : 1m 030 : 3m 050 : 5m												
7	板端接口類型 A : Samtec(1SD1-10) B : Molex(501189-2010)(DEFAULT) C : 3M(10120-3000PE)												
8	外接端連接器類型 0 : 散線 (DEFAULT) A : 三排 DB15 母頭												
9	電池 0 : 不帶電池 (DEFAULT) A : 帶電池 v												
10, 11	00 : 標準 其他 : 非標準												

選型示例說明

產品	R-Servo 編碼器線				
R-SERVO 線束	編碼器類型	線纜長度 (005/010/020/050...)	伺服端插頭類型	馬達端插頭類型	是否帶電池
SC	E1	***	B	(0/A)	(0/A)
SC	E2	***	B	(0/A)	0
SC	E3	***	B	(0/A)	(0/A)
線纜照片					
伺服端接頭類型			馬達端接頭類型		
E1 (絕對值)			0		
E2 (增量式)			A	 (適配 R-SERVO 伺服馬達)	
E3 (全閉環)					
線纜使用示例圖：					
E1	E2		E3		
					

注意：客戶使用 Resolver 編碼器時，3/4/5/6 引腳為 Sin+/Sin-/Cos+/Cos- 訊號，7/8 引腳 為 REF+/REF- 訊號，增量式線纜兼容 Resolver 編碼器時使用。

3.5.2 數位 IO 線

命名規則

表 3-6

碼位	1	2	3	4	-	5	6	7	8	-	9	10
範例	G	SV	R	C	-	D	010	B	0	-	0	0
1, 2	GSV : 高明鐵伺服驅動器											
3	R : R-SERVO											
4	C : 線材											
5	類型 D - IO 線											
6	長度 : 005 : 0.5m 010 : 1m 030 : 3m 050 : 5m											
7	板端接口類型 A : Samtec(ISSI-05L) B : Molex(5019390500)(DEFAULT) C : RJ45											
8	外接端連接器類型 0 : 散線 (DEFAULT) A : Samtec(ISSI-05L) B : Molex(5019390500)(DEFAULT) C : RJ45											
9, 10	00 : 標準 其他 : 非標準											

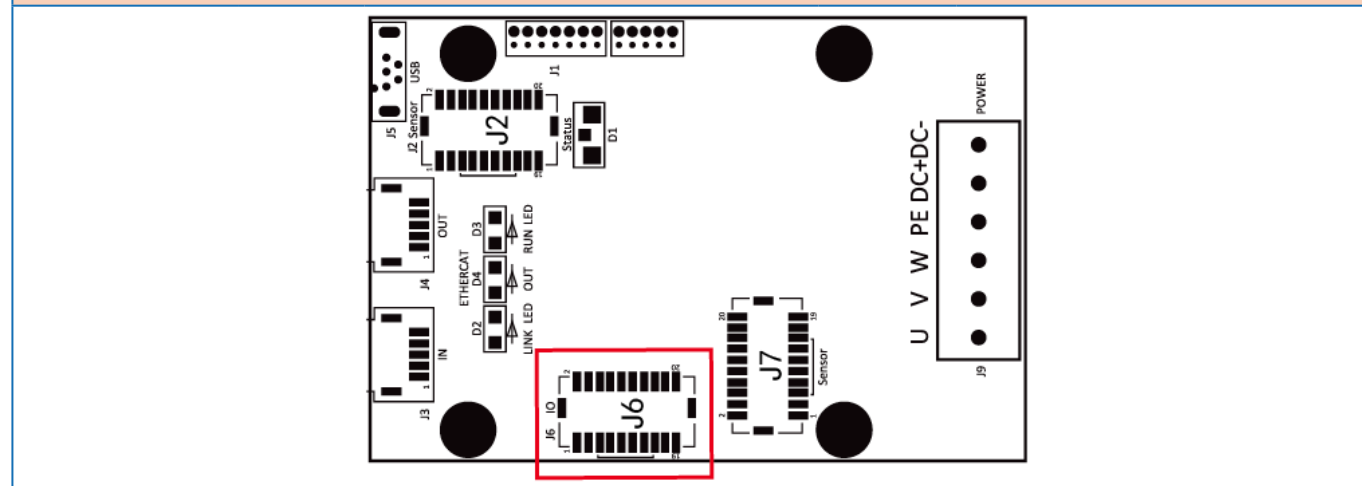
選型示例說明

產品		I/O 線		
R-SERVO 線束	功能	長度 (005/010/020/050...)	伺服端插頭類型	外端插頭類型
SC	E1	***	B	(0/A)

線纜照片

伺服端插頭類型		外端插頭類型	
E1 (絕對值)		0	

線纜使用示例：



注意：客戶使用 Resolver 編碼器時，3/4/5/6 引腳為 Sin+/Sin-/Cos+/Cos- 訊號，7/8 引腳 為 REF+/REF- 訊號，增量式線纜兼容 Resolver 編碼器時使用。

3.5.3 通訊線

命名規則

表 3-7

碼位	1	2	3	4	-	5	6	7	8	-	9	10
範例	G	SV	R	C	-	C1	010	B	C	-	0	0
1, 2	GSV : 高明鐵伺服驅動器											
3	R : R-SERVO											
4	C : 線材											
5	類型 C1 : CANopen/Modbus 通訊線 C2 : EtherCAT 通訊線											
6	長度 : 005 : 0.5m 010 : 1m 030 : 3m 050 : 5m											
7	板端接口類型 A : Samtec(ISSI-05L) B : Molex(5019390500)(DEFAULT) C : RJ45											
8	外接端連接器類型 0 : 散線 (DEFAULT) A : Samtec(ISSI-05L) B : Molex(5019390500)(DEFAULT) C : RJ45											
9, 10	00 : 標準 其他 : 非標準											

選型示例說明

產品	通訊線			
R-SERVO 線束	通訊類型	長度 (005/010/020/050...)	伺服端插頭類型	外端插頭類型
SC	C1	***	B	0
SC	C1	***	B	B

線纜照片

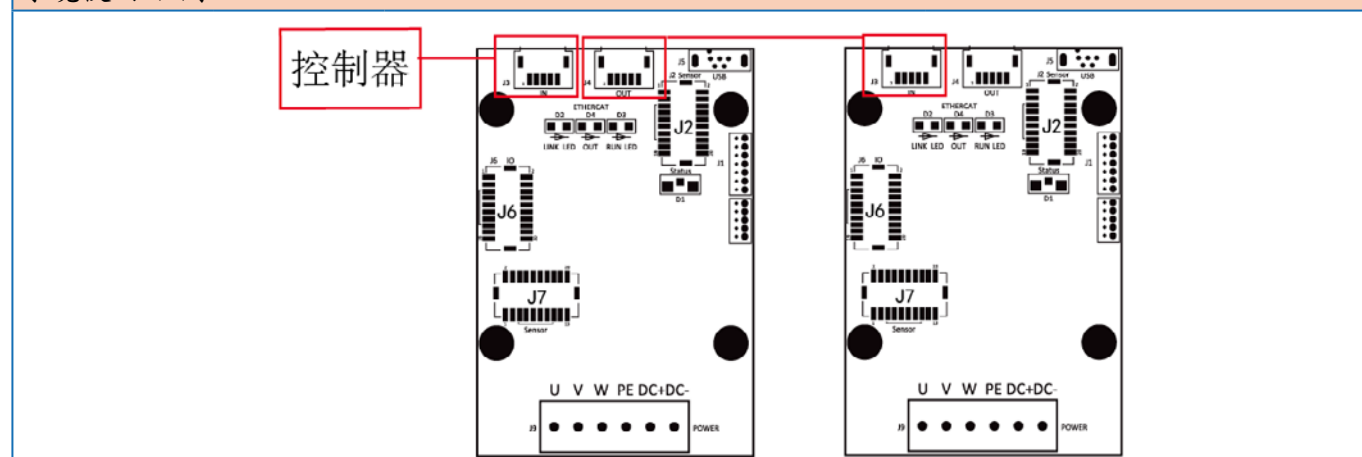
伺服端插頭類型		外端插頭類型	
B		0	
		B	

產品	通訊線			
R-SERVO 線束	通訊類型	長度 (005/010/020/050...)	伺服端插頭類型	外端插頭類型
SC	C2 (Ethercat)	***	B	B
SC	C2 (Ethercat)	***	B	C

線纜照片

伺服端插頭類型		外端插頭類型	
B		0	
		B	

線纜使用示例：



3.5.4 脈衝控制線

命名規則

表 3-8

碼位	1	2	3	4	-	5	6	7	8	-	9	10
範例	G	SV	R	C	-	S	010	B	0	-	0	0
1, 2	GSV : 高明鐵伺服驅動器											
3	R : R-SERVO											
4	C : 線材											
5	類型 S : 脈衝控制線											
6	長度 : 005 : 0.5m 010 : 1m 030 : 3m 050 : 5m											
7	板端接口類型 A : Samtec(ISSI-05L) B : Molex(501189-2010)(DEFAULT) C : 3M(10114-3000PE)											
8	外接端連接器類型 0 : 散線 (DEFAULT)											
9, 10	00 : 標準 其他 : 非標準											

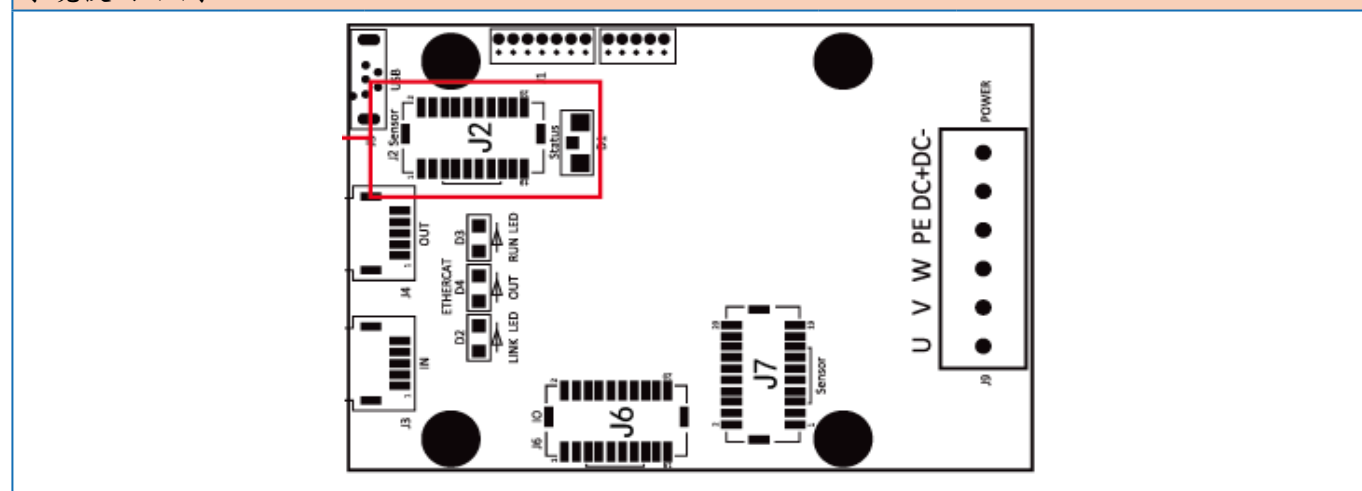
選型示例說明

產品		脈衝控制線		
R-SERVO 線束	功能	長度 (005/010/020/050...)	伺服端插頭類型	外端插頭類型
SC	S	***	B	0

線纜照片

伺服端插頭類型		外端插頭類型	
B		0	

線纜使用示例：

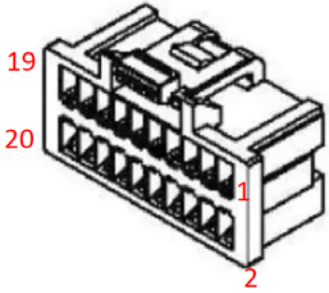
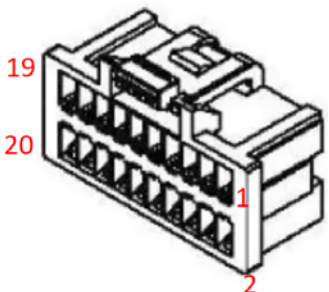
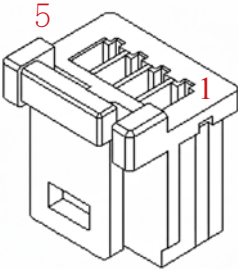


注意：

- 1、因 Plus 系列驅動器 CAN/EtherCAT 通訊接口非標準 RJ45 接頭，故通訊線纜建議根據上述型號下單配套。
- 2、線纜可定制，有特殊需求可與公司業務員溝通諮詢。

3.5.5 線纜插頭輔件

表 3-9

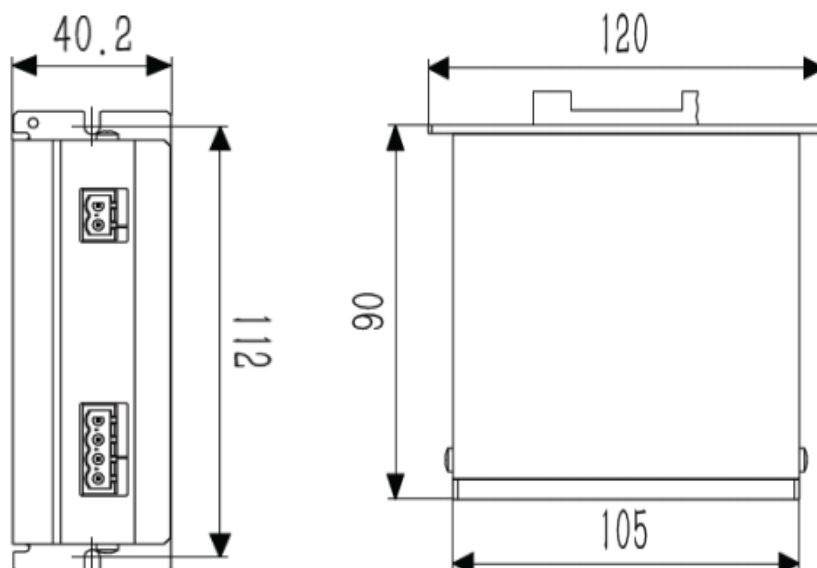
碼位	類別	接頭名	接頭針
	編碼器接頭	501189-2010 (Molex.)	5011937000
	I/O 接頭	501189-2010 (Molex.)	5011937000
	EtherCAT/CAN 接頭	5019390500 (Molex)	5013340000

注意：接頭針建議適配線纜線徑規格為 28AWG。

3.6 回生模組

3.6.1 回生模組介紹

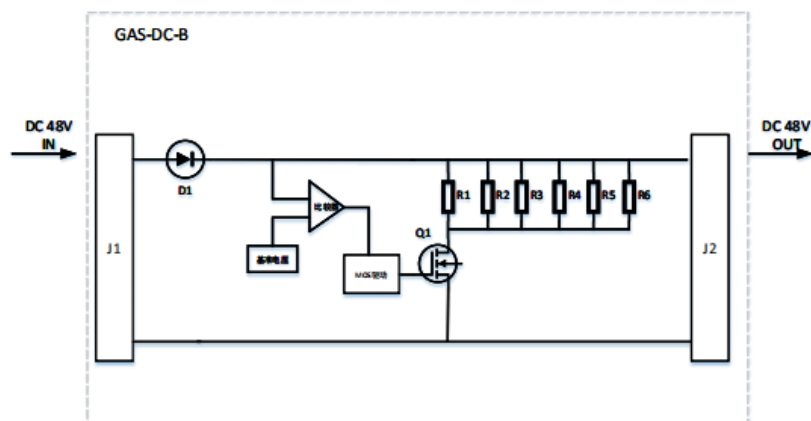
伺服馬達在加速、減速運行時的減速停止期間，在垂直軸連續下降運行，處於發電三種狀態下，會產生再生能量，回生模組用於消耗產生的再生能量，起到保護直流母線上設備不會因為過壓而損壞的作用。



► 圖 3-13 回生模組尺寸

3.6.2 回生模組原理

回生模組主要由功率消耗單元、比較器單元，開關管單元組成。直流母線 48V 從直流電源由 J1 進入，通過 J2 輸出給伺服驅動器。比較器單元比較母線電壓，當母線電壓超過上閾值時，比較器單元輸出 High 使開關管單元導通，此時母線升電壓加在單元上，功率消耗單元消耗母線上多餘的能量。當電壓降回到正常電壓下閾值時，比較器單元輸出 Low 使開關管單元關斷。由於在母線進線處串聯了大功率，低導通壓降的二級管，因此從驅動器回饋的能量並不會傳遞到直流電源中去。二極管在保護直流電源的同時，也具有防反保護功能。

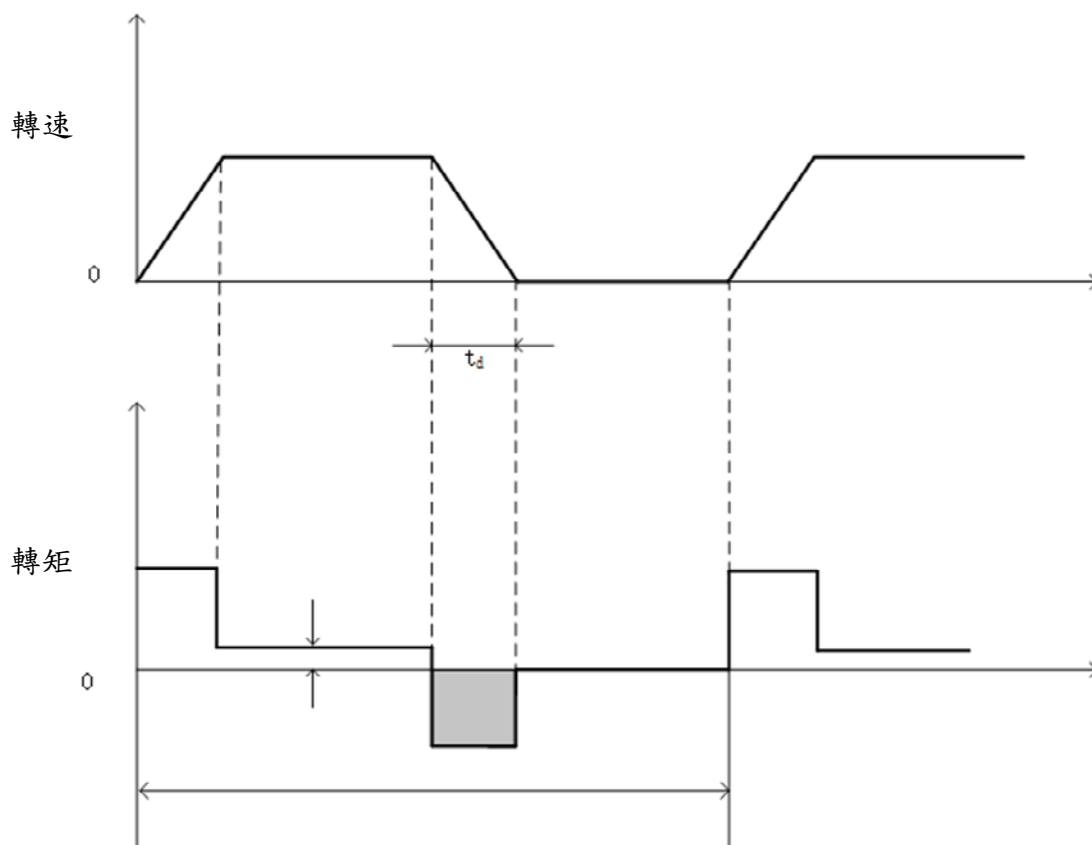


► 圖 3-14 回生模組原理

比較器單元中使用了帶遲滯功能的電壓比較器，避免由於訊號干擾造成的誤動作。設定的上閾值為 53V，下閾值為 50V。

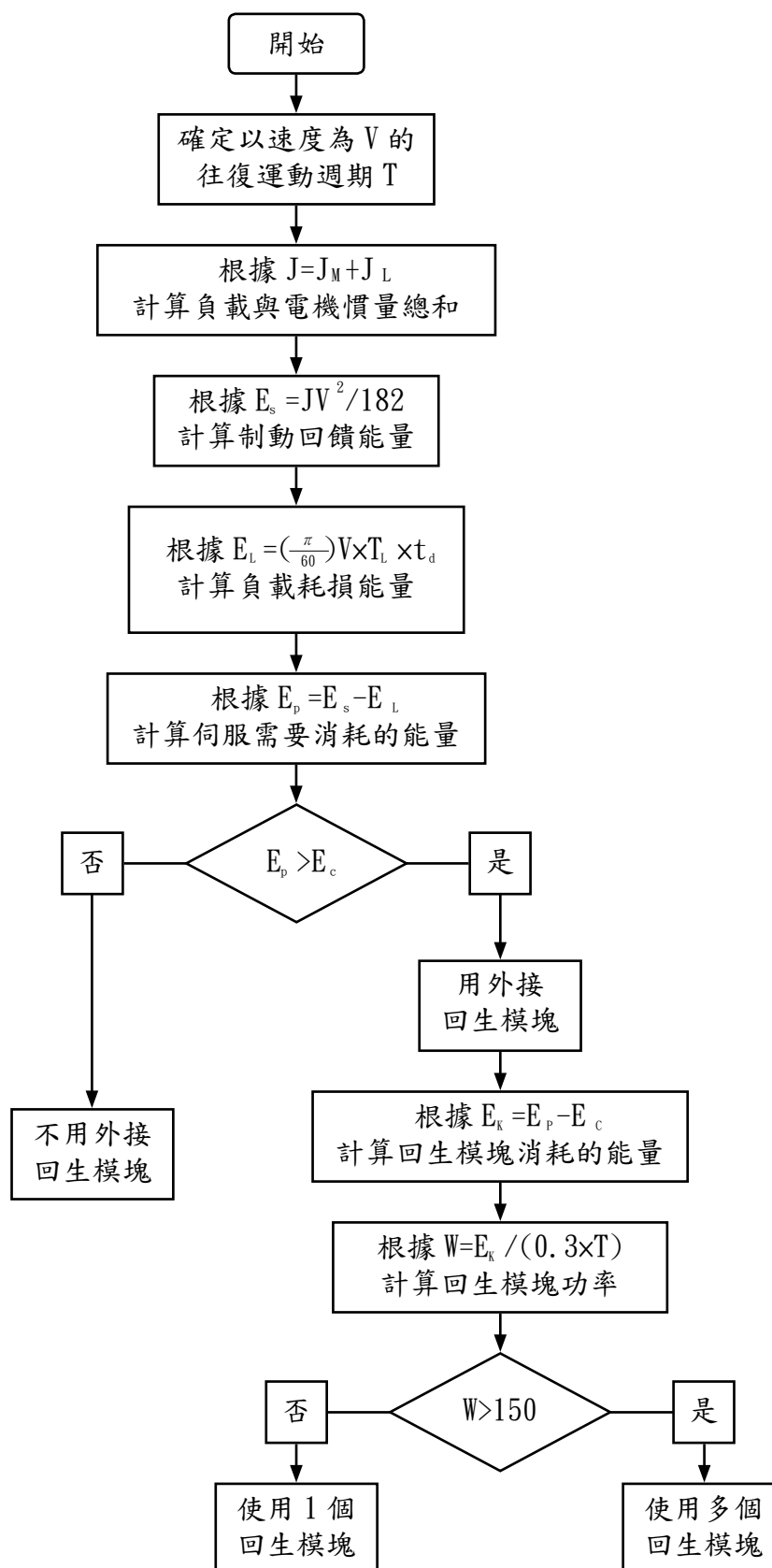
3.6.3 回生模組選擇

在位置模式下控制馬達以速度為 V 的周期運動，制動時動能轉換成電能回饋到母線電容，單制動電壓超過卸放制動電壓，回生模組將消耗多餘能量。



► 圖 3-15 往復運行示意圖

具體計算步驟及方法如下：



► 圖 3-16 計算步驟

計算內容相關說明：

表 3-10

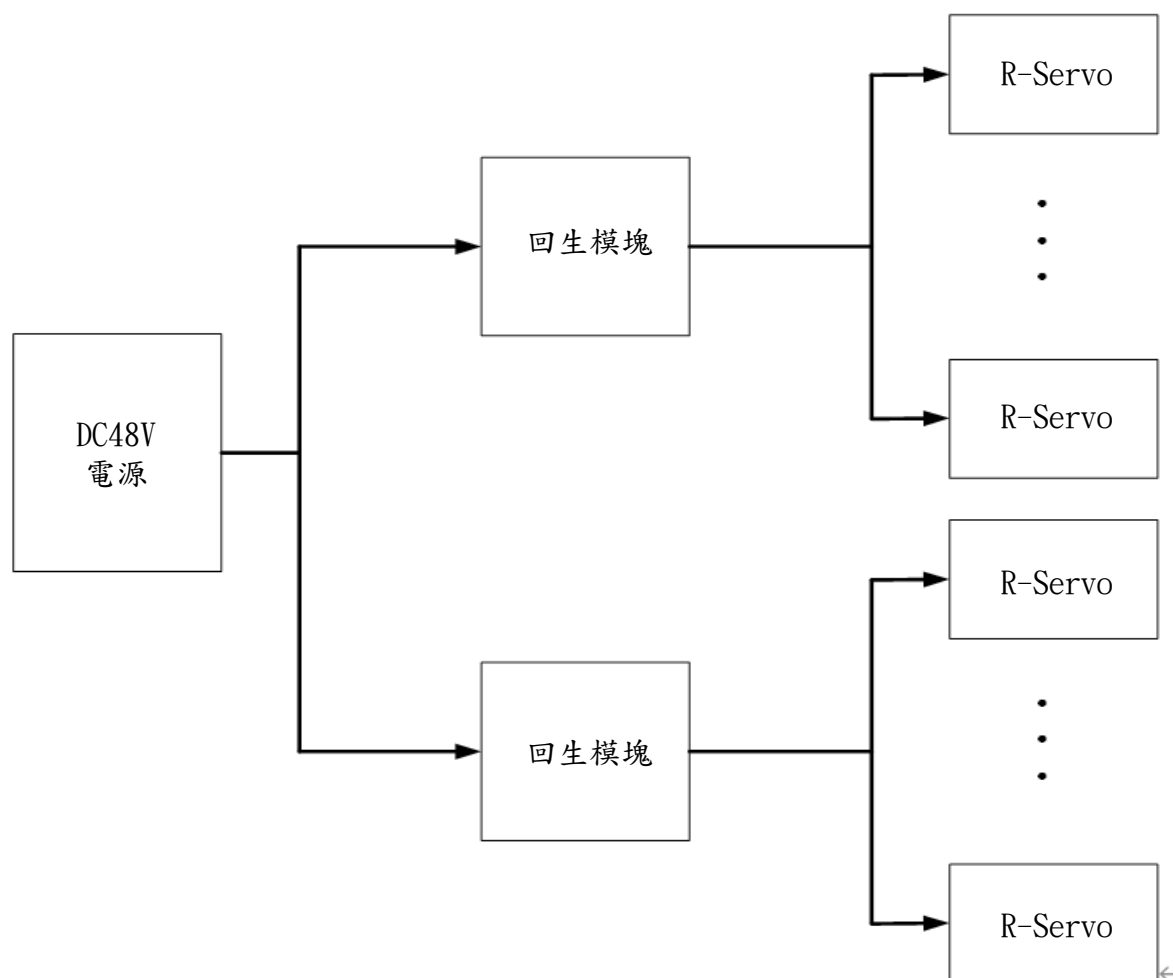
序號	計算項目	符號	計算公式說明
1	伺服系統總慣量	J	$J = J_M + J_L$ (注) 系統慣量為馬達慣量與負載慣量之和
2	伺服系統制動總能量	E_s	$E_s = J V^2 / 182$
3	計算減速期間負載系統消耗能量	EL	$EL = (\pi / 60) V * TL * td$ (注) 負載系統的損耗能量不明確時，請假設 $EL = 0$
4	再生至伺服端需要消耗的能量	E_p	$E_p = E_s - EL$
5	確定伺服單元可吸收的能量	E_c	詳見下表描述不同規格產品 E_c 可吸收能量
6	求出再生電阻需要消耗的能量	E_k	$E_k = E_p - E_c$
7	計算再生電阻器的必要容量	W	$W = E_k / (0.3 * T)$ (注) 此處 0.3 考慮再生電阻使用負載率為 30% 使用

伺服單元電容可吸收最大能量表：

表 3-11

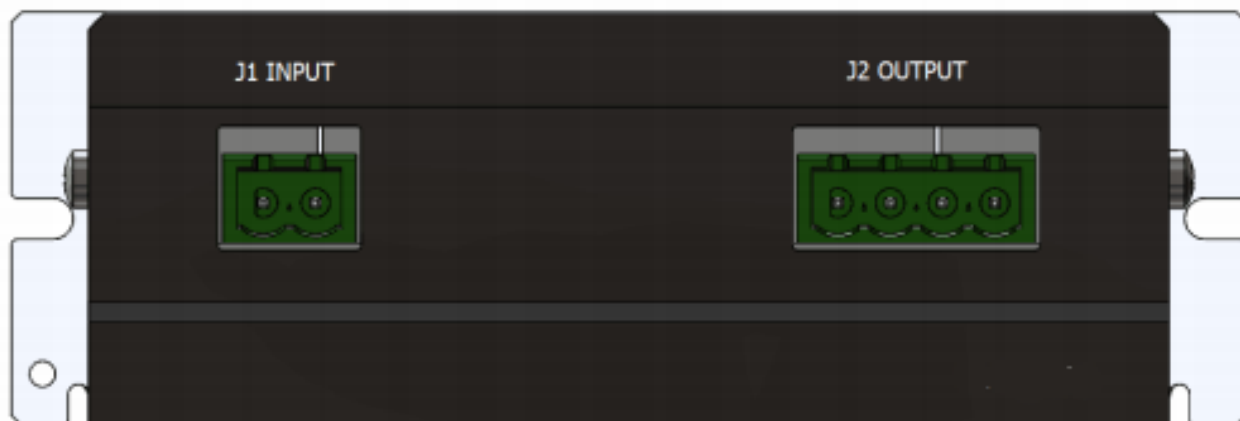
產品系列	連續電流	電容可吸收最大制動能量 E_c/J
R-SERVO	10A	0.084
	20A	0.2

功率回生模組為 6 個 25W 120Ω 水泥電阻並聯組成，因此單個回生模組可消耗 150W 的制動回饋能量。當多個伺服驅動器制動的能量小於或等於 150w 時，回生模組支援一個帶多個伺服驅動器。當系統中所有的伺服驅動器制動的能量大於 150W 時，就應該配多個回生模組，並將伺服驅動器均勻地分配到回生模組上去。



►圖 3-17 制動模接線示意圖

3.6.4 回生模組接口定義

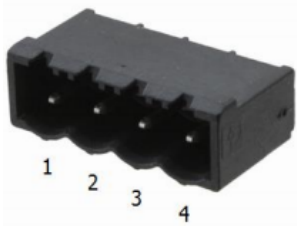


► 圖 3-18 接口定義

表 3-12

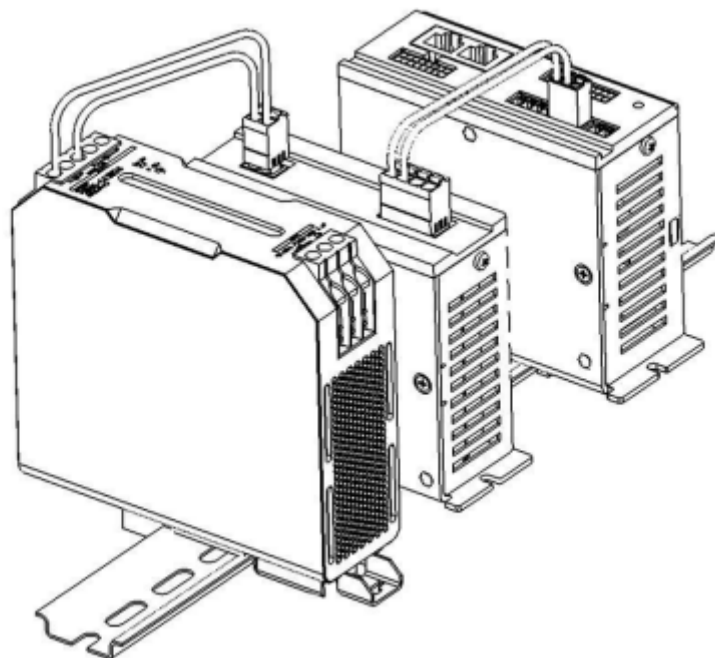
J1 電源進線	Pin No.	定義
	1	48V IN+
	2	GND
板端連接器：1954919 (Phoenix Contact 料號) 線端連接器：1754568 適用於 14-24AWG 或 0.2-1.5mm ² 的線		

表 3-13

J2 電源進線	Pin No.	定義
	1, 2	48V OUT+
	3, 4	GND
板端連接器：1954919 (Phoenix Contact 料號) 線端連接器：1754584 適用於 14-24AWG 或 0.2-1.5mm ² 的線		

3.6.5 回生模組接線

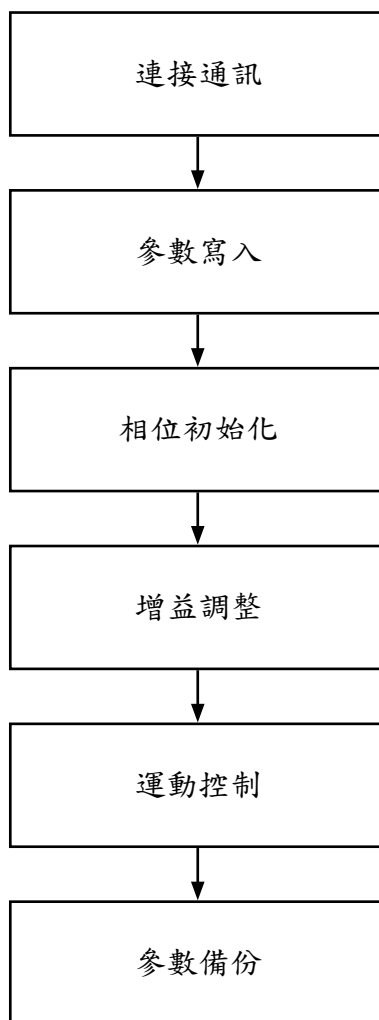
當馬達工作在需要制動的場合時，就應該將回生模組串聯在直流電源與伺服驅動器的功率進線中間。



►圖 3-19 回生模組接線

第 4 章 試運行調適

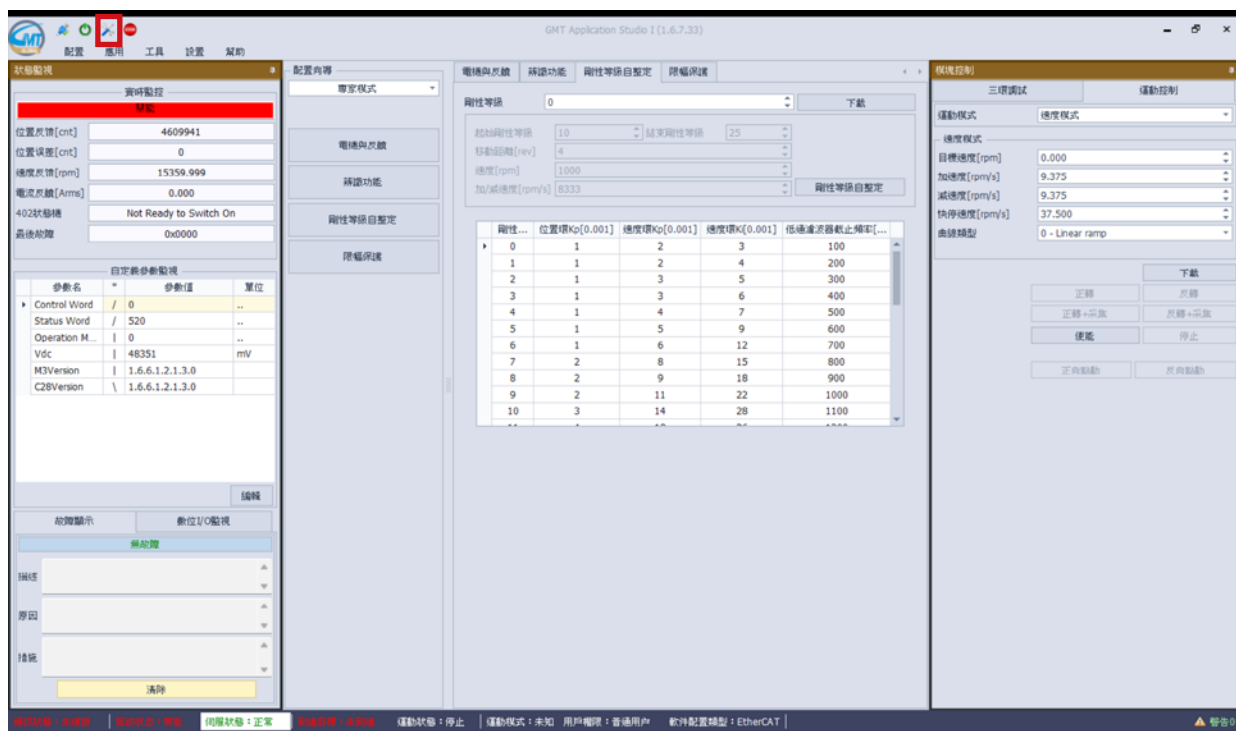
調適步驟：



► 圖 4-1 參數調適步驟

4.1 通訊連接

- (1) 安裝伺服軟體以及 USB 驅動程式。
- (2) 使用 USB-C 數據線連接上位機和驅動器。
- (3) 雙擊打開 R-SERVO 程序，進入界面，選擇“配置”子選單，點擊 。



► 圖 4-2 打開通訊界面

- (4) 點擊“刷新端口”按鈕，在“端口”的下拉框中，選擇與驅動器連接的端口。
- (5) 點擊“連接”按鈕，完成通訊連接。



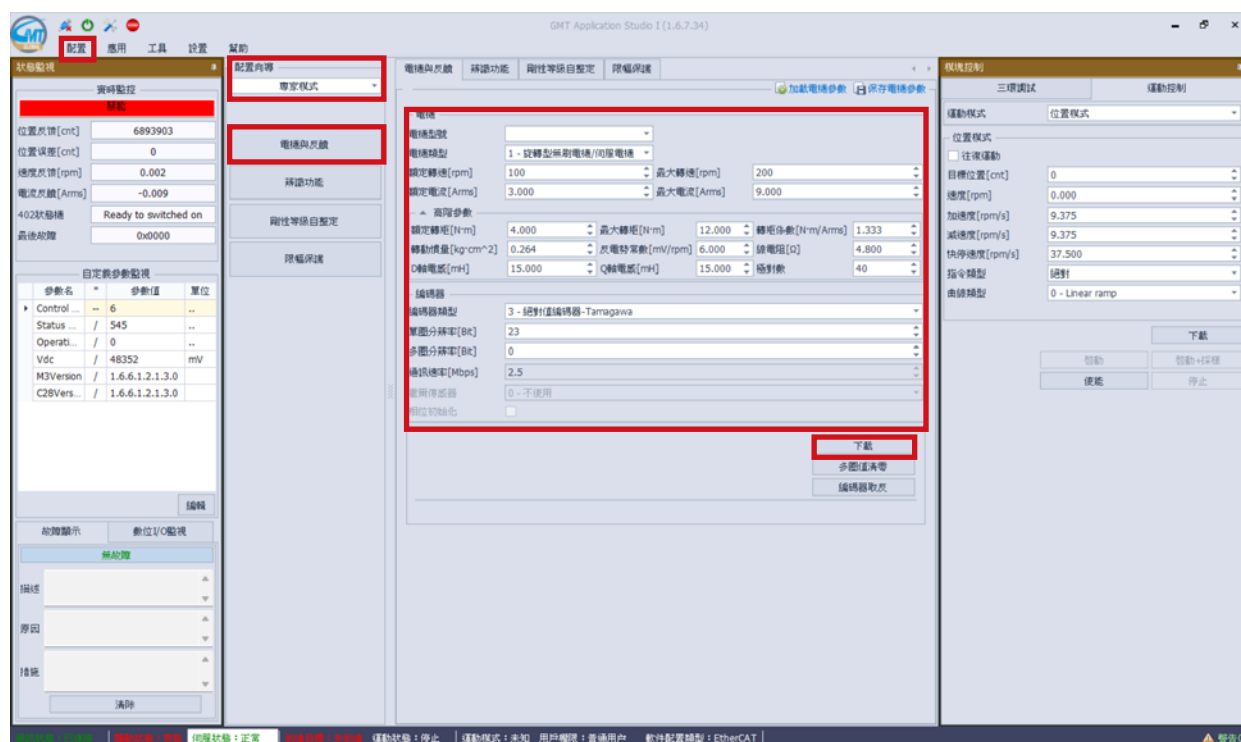
► 圖 4-3 建立通訊連接成功

4.2 參數設置

參數寫入包含馬達、編碼器、用戶單位相關參數。

4.2.1 馬達反饋

馬達反饋包含馬達參數設置和編碼器參數設置。點“配置”選擇“電機與反饋”，進行馬達參數與編碼器參數設置，完成後點擊“下載”。保存成功後斷電重啓伺服，重啓完成後重新進行通訊連接。



► 圖 4-4 馬達反饋參數設置

(1) 馬達參數

- ① 爲了方便用戶進行馬達參數的配置，R-SERVO 提供馬達數據庫的功能。可以調用在數據庫中已知型號的馬達的參數，同時也能將新型號的馬達設置好參數後保存到數據庫中。但數據庫只是保存和加載馬達反饋的參數，“從文件導入”、“從文件導出”是導入或導出全部的伺服參數，馬達參數寫入或者驅動器參數導入之後務必斷電重啓。



► 圖 4-5 馬達參數一

② 根據馬達參數表，將需要設置的馬達參數填入參數界面中。



► 圖 4-6 馬達參數二

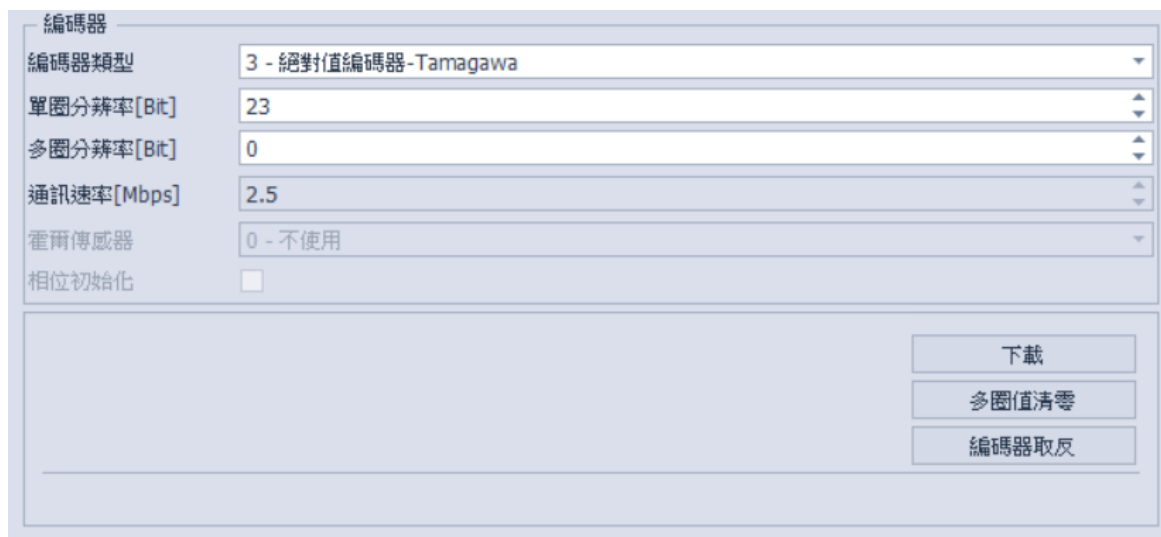
③ 馬達類型中有旋轉無刷馬達、直線無刷馬達、旋轉直流有刷、音圈馬達，需要配置的參數和單位根據馬達類型不一致有差異。

注意：寫入時務必注意各參數的單位！

(2) 編碼器參數

根據實際編碼器類型，在編碼器參數界面，選擇編碼器類型並寫入分辨率。

R-Servo 系列伺服驅動器支援增量式、多摩川絕對式、尼康絕對式編碼器（其中尼康絕對式編碼器需要使用協議轉換板），編碼器參數。



► 圖 4-7 馬達參數三

表 4-1 編碼器參數介紹

名稱	單位	定義
絕對式單圈分辨率	Bit	編碼器旋轉一周輸出的脈衝值
絕對式多圈分辨率	Bit	編碼器記錄的最大圈數
編碼器多圈值清零		把絕對式編碼器多圈值清零
分辨率	counts/revolution (旋轉型) counts/nm、um、mm (直線型)	編碼器旋轉一周輸出的脈衝值 光柵尺單位距離輸出的脈衝值
通訊速率	M	向編碼器發送或接受數據的時鐘頻率

4.2.2 用戶單位

在“配置”的選單中，選擇“用戶單位”，可以設置統一的運動控制參數單位，包括位置單位和速度單位，以及配置機械傳動比參數。設置完成後，單擊“應用”，提示單位轉換成功即可生效，在後續的調適模式和運動模式中，使用的單位將會和設置完成的單位一致。



► 圖 4-8 用戶單位

表 4-2 用戶單位介紹

負載類型 運動單位	線性		旋轉	
R-SERVO	cnt	脈衝數	cnt	脈衝數
	um	微米	deg	角度
	mm	毫米	rad	弧度
	cm	厘米	rev	轉
	uu	自定義	uu	自定義
速度單位	cnt/s	脈衝數 / 秒	cnt/s	脈衝數 / 秒
	um/s	微米 / 秒	deg/s	角度 / 秒
	mm/s	毫米 / 秒	rad/s	弧度 / 秒
	cm/s	厘米 / 秒	rpm	轉 / 分鐘
	uu	自定義	rps	轉 / 秒
			uu	自定義

4.2.3 限幅保護

在“參數配置”的子選單中，選擇“限幅保護”，對驅動器的峰值電流以及峰值電流持續時間進行設置，改值用於保護馬達 I_{2t} ，需根據馬達的最大電流進行設置，否則可能會損壞馬達。



► 圖 4-9 限幅保護

4.3 磁極校準

伺服驅動器提供兩種磁極校準方法－電流環自整定、手動校準，點擊主選單中的“配置”，選擇“辨識功能”，出現磁極辨識的調適界面。



► 圖 4-10 磁極辨識

4.3.1 電流環自整定

磁極辨識推薦使用電流環自整定，可以滿足絕大多數應用場景和需求。

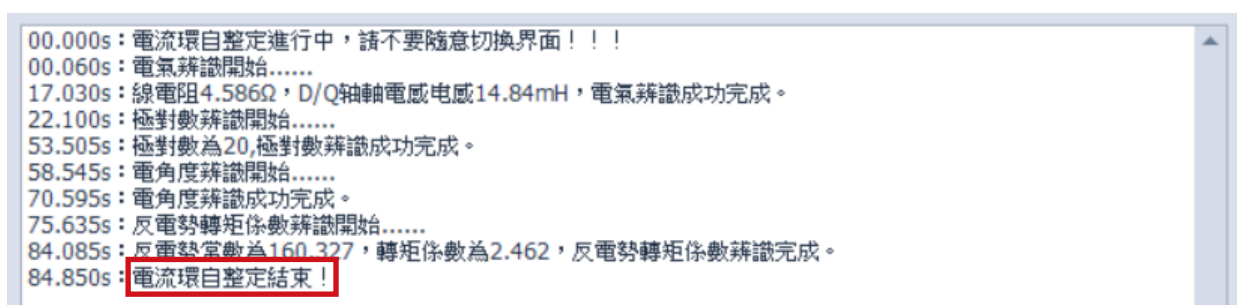
電流環自整定步驟如下：

(1) 點擊“電流環”選擇“yes”



► 圖 4-11 電流環自整定

(2) 驅動器會自動進行電氣辨識、極對數辨識、相序轉向辨識、電角度辨識、反電勢轉矩係數辨識，等待大約 60~90s 後，如下圖所示，則表示電流環自整定完成。



► 圖 4-12 電流環自整定完成

4.3.2 手動校準

4.3.2.1 相序轉向檢測

增量式馬達在進行運動控制前需對馬達三相相序和的運動方向進行確認，相序檢測功能驅動器會自動識別 UVW 接線相序，根據客戶需要的正方向進行相序和旋轉方向取反。

4.3.2.2 Hall 檢測

對於使用 HALL 功能時，驅動器需對 HALL 傳感器進行 HALL 角度自動辨識，辨識完成後馬達可用 HALL 角度進行直接啟動控制，（Hall 啟動避免了增量式馬達每次斷電上電的磁極辨識的抖動過程，馬達啟動更加平穩）。

4.3.2.3 相位初始化檢測

在進行運動控制前，需要對馬達的磁極零點進行檢測和校準，校準完成後才能正常進行運動控制，否則會出現馬達過衝的情況，換向偏執檢測在相序轉向檢測完成後進行。如未進行相序檢測且相序不正確會導致校準失敗，此情況下激磁或者啟動運動時，運動監視中觀察電流反饋值很大，馬達堵轉，或者風險，此情況可在“參數編輯器 -PID 參數”中設置 2002 為 1 進行相序切換。

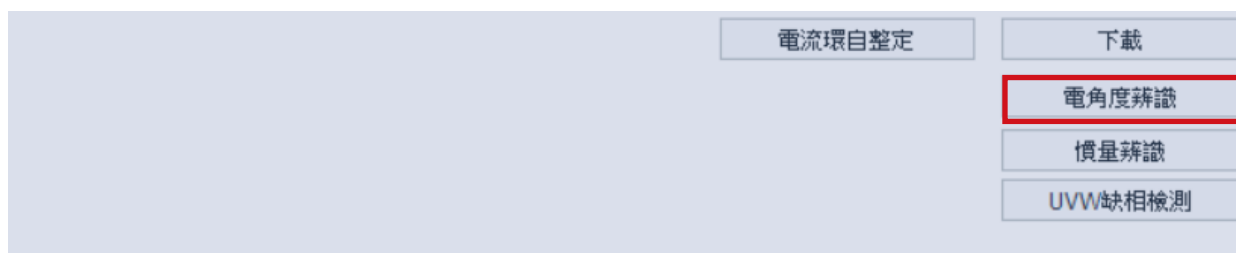
表 4-3

參數	說明
2002 Three Phase Seq Switch Enable	三相相序切換功能，0- 不切換，1- 切換

相序轉向辨識步驟如下：

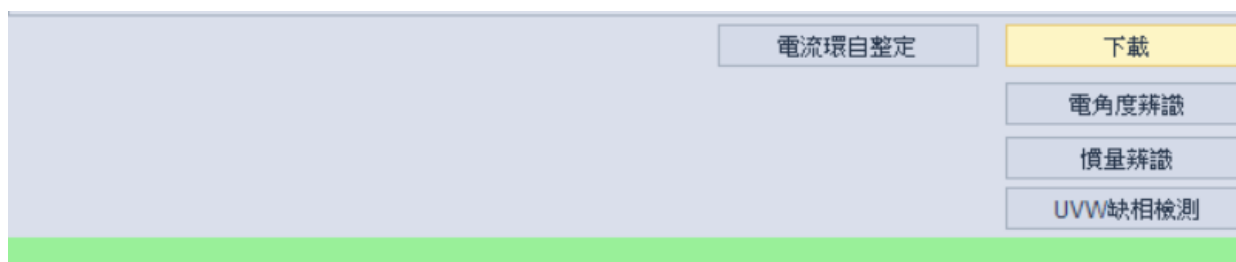
辨識步驟如下：

(1) 點擊“電角度辨識”選擇“yes”



► 圖 4-13 換向偏置自動檢測

(2) 等待大約 5~10s 後，狀態顯示為綠色，如下圖所示，則表示辨識完成。



► 圖 4-14 換向偏置自動檢測完成

說明：

- (1) 如控制馬達編碼器類型為絕對式編碼器，初次適配伺服需要進行一次準確校準，伺服重新上、下電無需再進行零點校準，上電即可直接進行運動控制。
- (2) 控制馬達編碼器類型為增量式編碼器（不帶霍爾訊號），則每次上電均需對馬達進行一次磁極校準，才能進行馬達控制，可以通過發校準、激磁命令（注 2）或者手動點擊換向偏執自動檢測進行校準，校準期間不要進行其他運動控制相關操作，伺服驅動器會報相應的錯誤；同時伺服自帶上電自動校準功能，若開啓該功能，可勾選 ☐ 相位初始化 或者配置 0x2120 為 1，保存後斷電重啓，這樣伺服每次斷電重新上電，伺服會自動進行校準，校準完成後，伺服禁能，然後輸出校準完成 0x2121 被設定為 1。
- (3) 編碼器類型為增量式編碼器（帶霍爾訊號），初次適配伺服需配置 HALL 啟動（0x2103 = 1），然後辨識 HALL 角度，後續上電即可直接進行激磁運動控制。
- (4) 校準電流的設置：

逐步增大 0x2105 至馬達軸能明顯快速穩定的固定在某一位置，並且轉動軸之後再次校正，兩次或多次位置基本一致（0x2102 值基本相等），校準完成。

注意：

- 1、如果校準電流調整不當或者馬達軸負載過大會導致校準失敗，報錯處理機制參考第五章故障說明。
- 2、控制模式 0x6060 置 0，然後 0x2101 寫 1，然後控制字 0x6040 一次按照 6-》7-》15 激磁邏輯進行，伺服進入校準狀態，當 0x2101 讀回來 0 之後，代表校準過程完成。

換向偏置相關參數及說明：

表 4-4

參數	說明
2101 Calibrate commutation offset	手動零點校正激磁標誌。
2102 Commutation offset	零點校準的值。
2103 HallModeSelect	霍爾模式選擇，0- 不使用霍爾，1- 使用霍爾
2105 Commutation current ratio_1	d 軸校準電流幅值 = 2105/1000*Rate current，頻率：恒定值
213E Hall_Angle	霍爾校準角度
2120 AutoCalibrateAngle	上電自動校準功能，0- 關閉，1- 開啓
2121 AutoCalibrateAngleFinish	上電自動校準功能完成標誌，0- 未完成，1- 完成
2402 Commutation current ratio_2	q 軸校準電流幅值 = 2402/1000*2105，頻率：高頻

4.4 增益調整

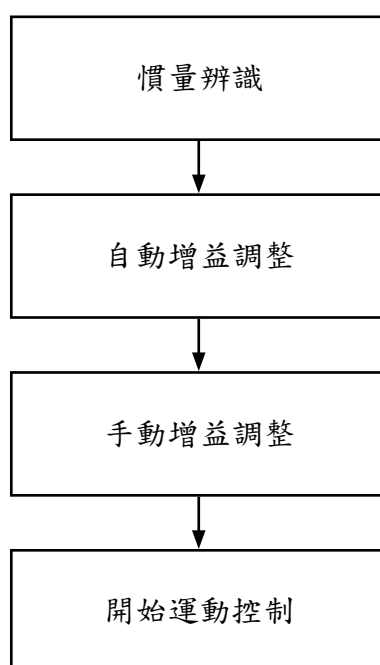
4.4.1 概述

伺服驅動器需要儘量快速、準確的驅動馬達，以追隨來自上位機或內部設定的指令。爲達到這一要求，必須對伺服增益進行合理調整。

伺服增益通過多個參數（位置環、速度環、電流環，濾波器，負載轉動慣量等）的組合進行設定，它們之間互相影響。因此，伺服增益的設定必須考慮到各個參數設定值之間的平衡。

在進行增益調整之前，建議先進行點動試運行，確認馬達可以正常動作！

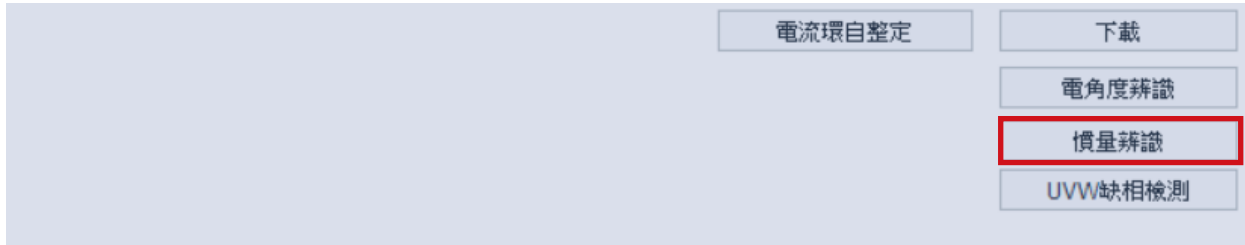
增益調整的一般流程如下圖所示：



► 圖 4-15 參數調適步驟

4.4.2 慣量辨識

伺服驅動器提供自動識別方法，點擊主選單中的“配置”，選擇“慣量辨識”，出現慣量辨識的調適界面。



► 圖 4-16 慣量辨識界面



► 圖 4-17

說明：

使用慣量辨識功能，為準確計算轉動慣量，需滿足以下條件：

- 實際馬達最高轉速高於 150rpm。
- 需要留至少正反方向各 4 圈可移動距離。
- 請確認電流環自整定已全部成功運行完成。
- 確認馬達裝載設備行程範圍和周邊安全。
- 傳動機構背隙較大時可能導致慣量辨識失效。

4.4.3 自動調諧

自調整功能是指在非複雜非特殊的常用工况（簡稱正常應用情況，反之即為非正常應用情況）中，實現無需（少量）參數輸入、無需參數調適，達到中等運行性能的一組功能集合，主要包括電流環參數、速度環參數和位置環參數等。

自調整功能的作用和價值在於可以節省大量的技術應用工程師或者客戶輸入、調適時間，降低使用時的難度，提高易用性。

R-SERVO 提供簡潔模式和專家模式兩種模式，專家模式下每個功能都可單獨運行或者調適，適合有經驗的應用工程師或者客戶使用，以進一步的提升性能，滿足工况需求。

4.4.3.1 簡易模式

簡易模式是指用戶通過一鍵自整定功能，伺服驅動器將自動調整參數，滿足快速性與穩定性需求，點擊主選單中的“配置”，選擇“簡易模式”，出現簡潔模式界面。

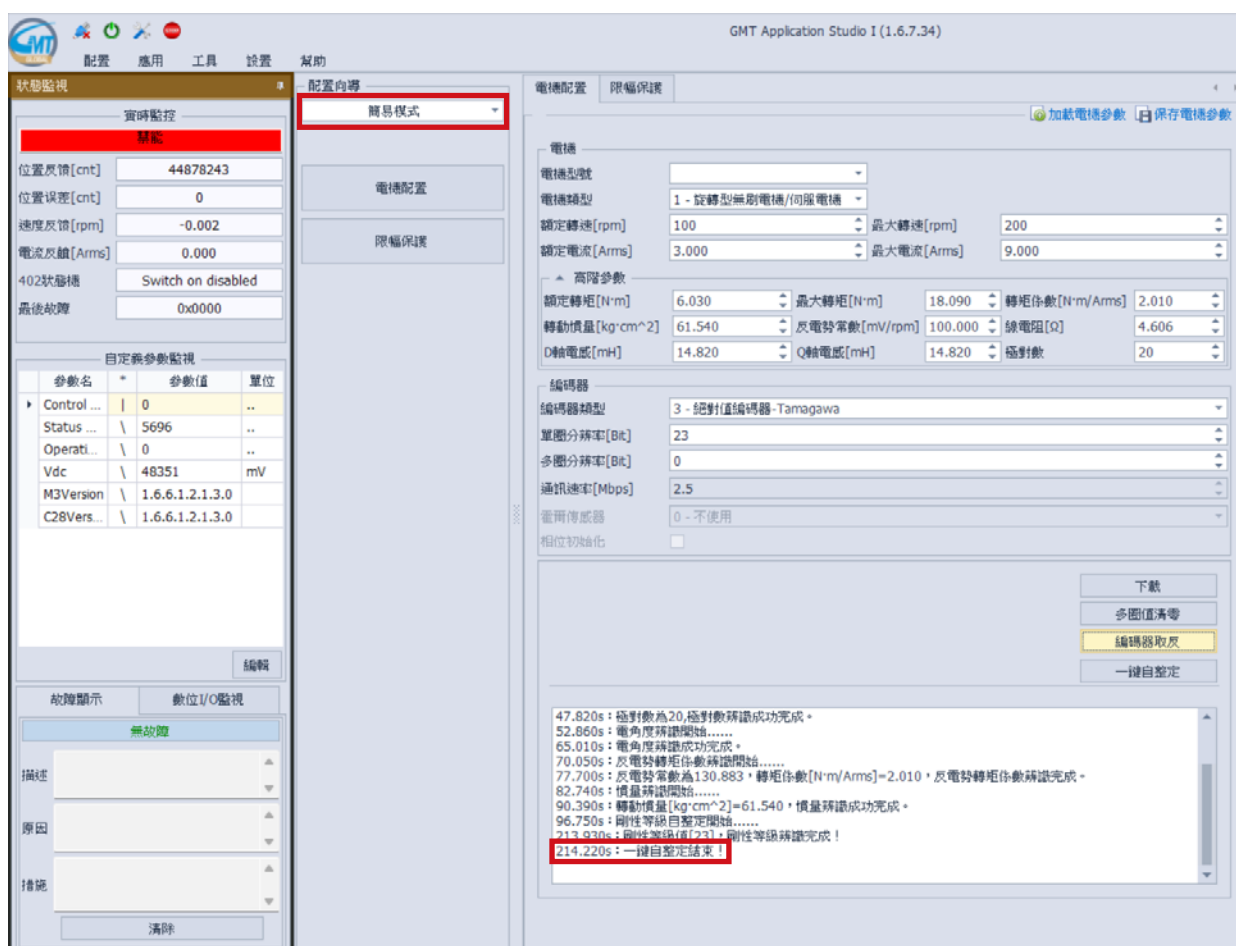


圖 4-18 簡潔模式

操作說明：

- ① 連接通訊並且選擇‘簡潔模式’；
- ② 輸入必要的馬達參數：馬達類型，額定轉速，最大轉速，額定電流，最大電流；
- ③ 輸入編碼器參數：編碼器類型，分辨率等；
- ④ 點擊‘一鍵自整定’：驅動器會自動開始電阻電感、極對數、電角度、反電勢係數、轉矩係數、轉動慣量、剛性等級的辨識；
- ⑤ 開始‘運動控制’：根據電流、速度或者位置閉環實際響應需求來適當的降低或者提高環路的剛性等級或 PI 參數；

注意事項：

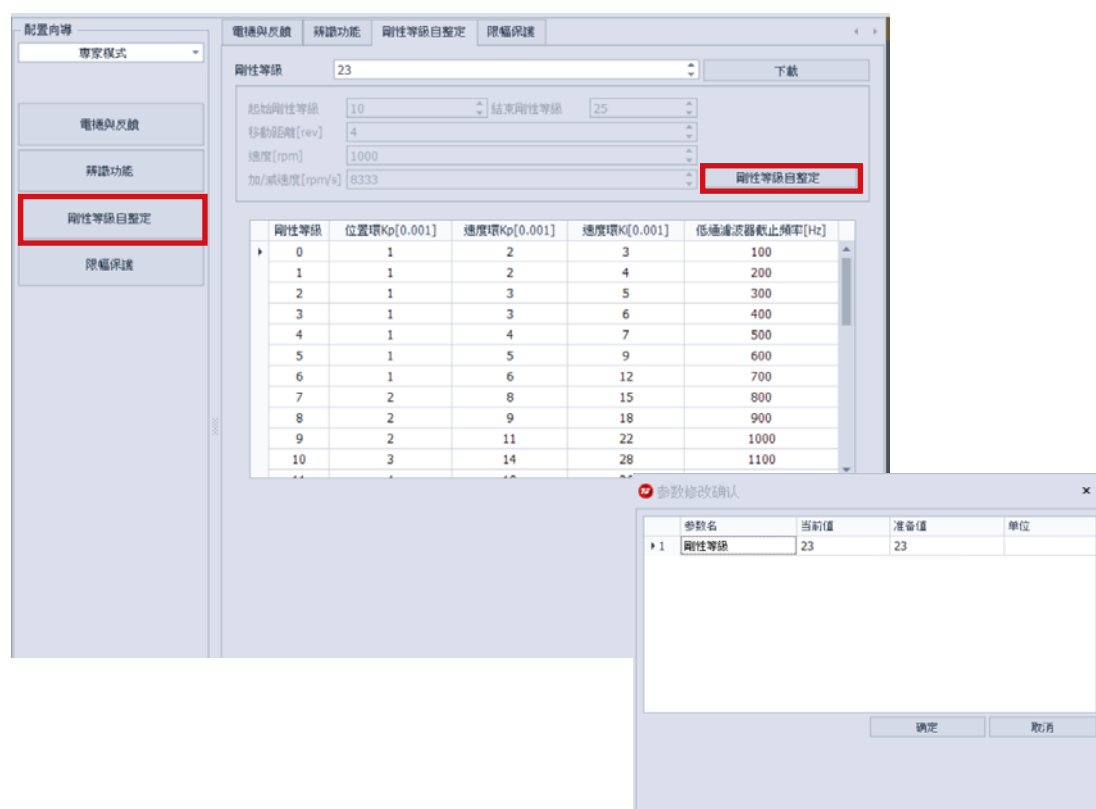
- ① 輸入馬達參數或者編碼器參數務必準確，否則會導致辨識結果不正確，有可能損壞甚至燒毀馬達；
- ② 開始自整定前需檢查確認電氣連接、機械連接可靠，並且沒有卡住、重載、運動週邊範圍沒有阻礙物、沒有運動位置限制或者留有足夠的左右運行距離；
- ③ 請不要在非正常情況下使用自整定功能，比如特殊馬達（高壓馬達，或者電感非常小的馬達等）、特殊工況（比如帶有減速機、負載機械結構複雜、可移動距離非常短的直線馬達等）等；
- ④ 在自整定過程中需要有人時時觀察，如果有異常情況需要立即點擊‘急停’按鈕，並且在人工檢查排除確認沒有問題後，斷電重啓驅動器；
- ⑤ 自整定結束後，激磁開始運動控制後，運行工況模式或者軌迹，需要根據實際反應情況再適當的調節（增大或者減小）剛性等級、PI 參數、前饋、濾波等；

4.4.3.2 專家模式

是指有經驗的應用工程師或者用戶通過單獨運行或者調適伺服功能（如相序轉向檢測、Hall 檢測、換向偏置檢測等等），以進一步的提升性能，滿足高性能需求。詳細請參考“手動校準”章節和“慣量辨識”章節。本章只講述剛性等級自整定功能，通過該功能可以根據設定的剛性自動設定增益。

使用剛性等級的前提是做過慣量辨識或者輸入的慣量值與實際值接近，否則會有共振等設備損壞風險。

點擊主選單中的“配置”，選擇“專家模式”，出現專家模式界面，點擊進入剛性等級自整定界面。



► 圖 4-19 剛性等級自整定界面

操作說明：

- ① 連接通訊並且選擇‘專家模式’；
- ② 輸入必要的馬達參數：馬達類型，額定轉速，最大轉速，額定電流，最大電流；
- ③ 輸入編碼器參數：編碼器類型，分辨率等；
- ④ 點擊‘慣量辨識’，整定驅動器轉動慣量。
- ⑤ 配置相關參數，起始剛性等級、移動距離、速度等。
- ⑥ 點擊‘剛性等級自整定’，確認設備及周邊安全後點擊確定，驅動器會自動開始剛性辨識。
- ⑦ 開始‘運動控制’：根據電流、速度或者位置閉環實際響應需求來適當的降低或者提高環路的剛性等級或 PI 參數；

注意事項：

使用時請注意以下情況，需要謹慎使用，或者儘量不使用：

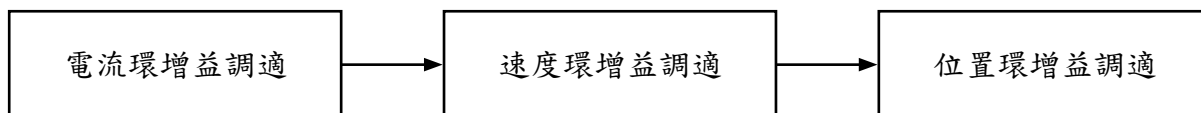
- ① 分辨率太低的編碼器（比如低分辨率的增量式編碼器）等非常用編碼器；
- ② 可以旋轉或者移動距離太短、運動位移或者速度受限的工況；
- ③ 柔性負載等非常規負載；
- ④ 非常規電壓馬達（如高壓或者過於低壓的馬達）；
- ⑤ 多機電耦合系統；
- ⑥ 因條件所限不能做慣量辨識或者輸入慣量值與實際值偏差較大的應用情況

此情況下絕對禁止直接使用剛性等級自調整功能，或者使用默認的剛性等級直接激磁運動；

4.4.4 手動增益調整

如果三環參數設置不當，可能會導致馬達出現抖動和異響，為了達到較佳的控制效果，在進行控制馬達之前，需要對系統的PID參數進行調適。調適PID，上位軟件 SMC 提供了“函數發生器”，可輸出給定方式、波形、階躍訊號，過程中同時使用示波器抓取給定波形和反饋波形進行響應分析。

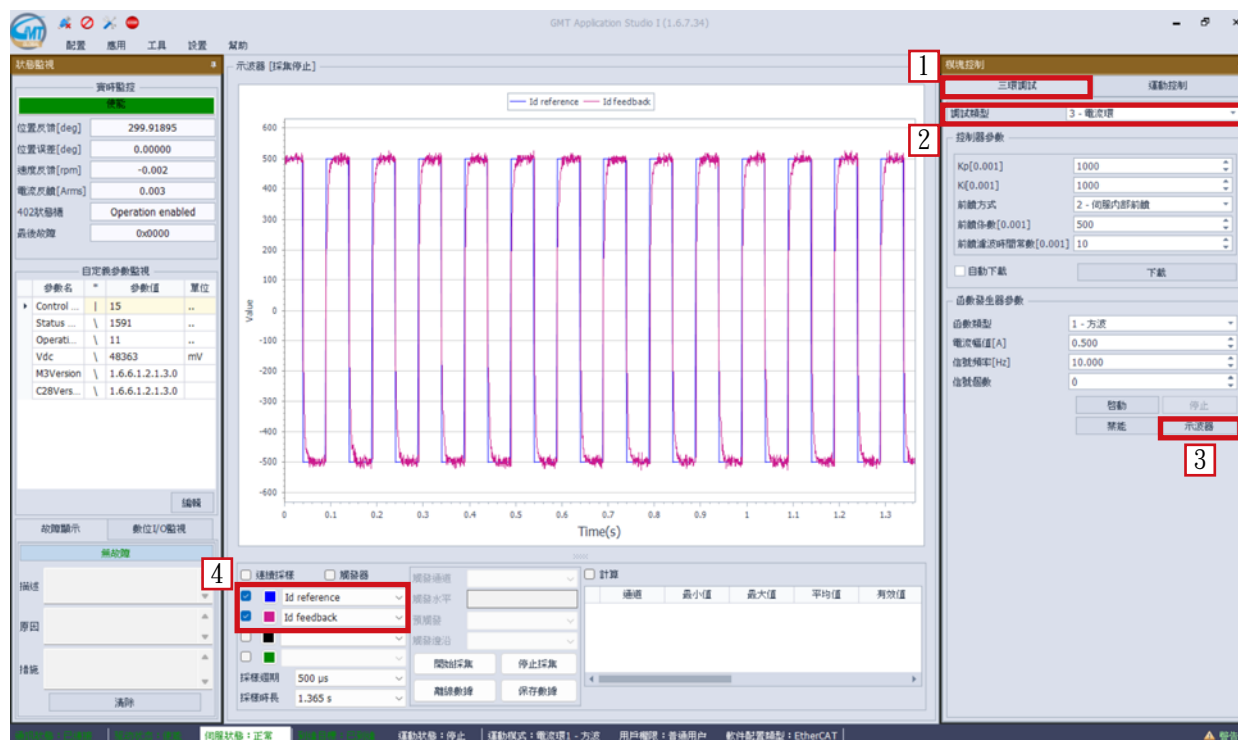
三環調適步驟：



► 圖 4-20

4.4.4.1 電流環

點擊主選單中的“調適”，選擇“電流環”，出現電流環的調適界面。



► 圖 4-21 電流環調適界面

電流環增益調適步驟如下：

調適流程

- ① 先給定 K_i 為 0， K_p 為 100，點擊“下載”（一般僅需在伺服出廠默認值附近進行微調）。



► 圖 4-22 電流環控制參數

- ② 然後設定函數發生器的函數類型為方波訊號，電流幅值設為 0.5A(依需求設定)，頻率為 10HZ。



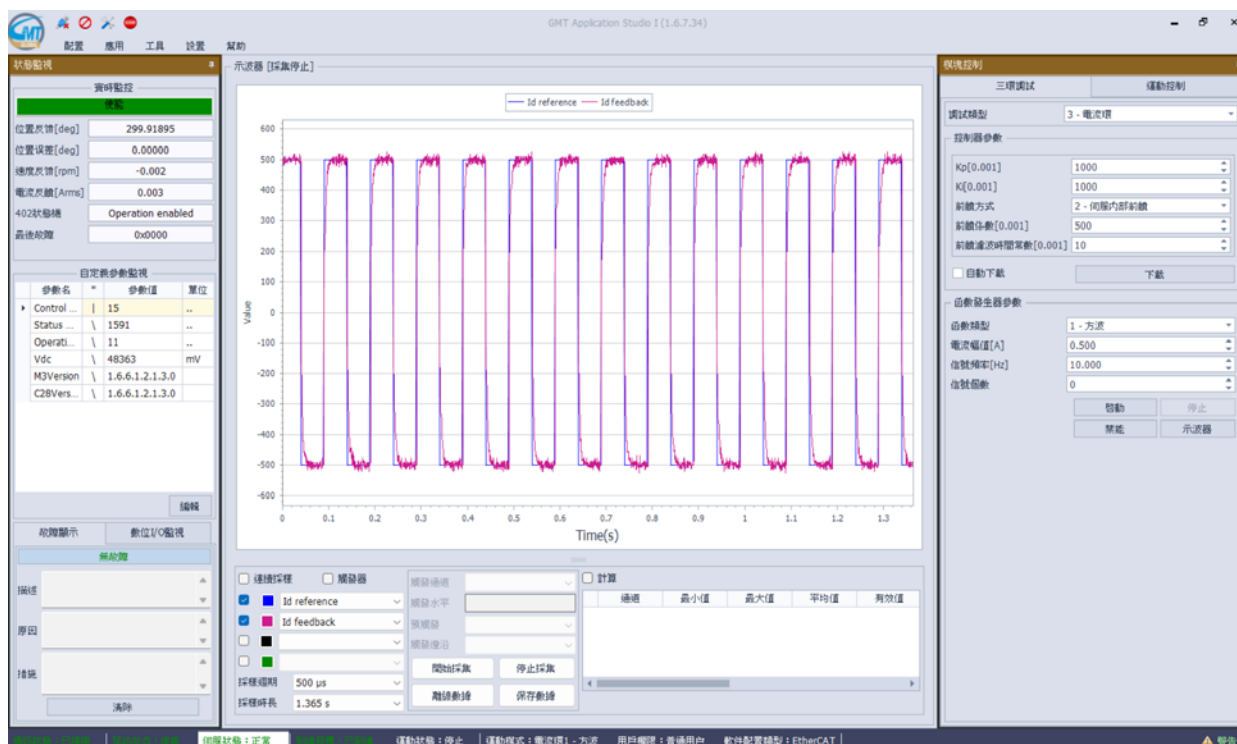
► 圖 4-23 電流環函數發生器參數

- ③ 然再打開示波器，設置採樣通道為 I_d reference（電流給定值）和 I_d feedback（電流反饋值），選擇採樣週期 500us，勾選連續採集。



► 圖 4-24 電流環示波器採樣參數設置

- ④ 把伺服“激磁”，然後“啟動”函數發生器，然後點示波器“開始採集”。
- ⑤ 調整 K_p 、 K_i 使 “Id_feedback” 往 “Id_reference” 靠近。



► 圖 4-25 調整 K_p ， K_i 完成電流採樣波形

電流環 K_p ： K_p 的增大增加帶寬。 K_p 太大，馬達發異音，如果 K_p 太小，帶寬降低。

電流環 K_i ：消除穩態誤差，過大會導致超調，馬達發出異音。

注意：電流環調適時，當調適馬達為旋轉無刷 / 直線馬達時，調適電流選用 id 進行調適；
當調適馬達為直流有刷 / 音圈馬達時，調適電流選用 iq 進行調適。

4.4.4.2 速度環

三環調適第二環是速度環，選擇“速度環”，出現速度環的調適界面。

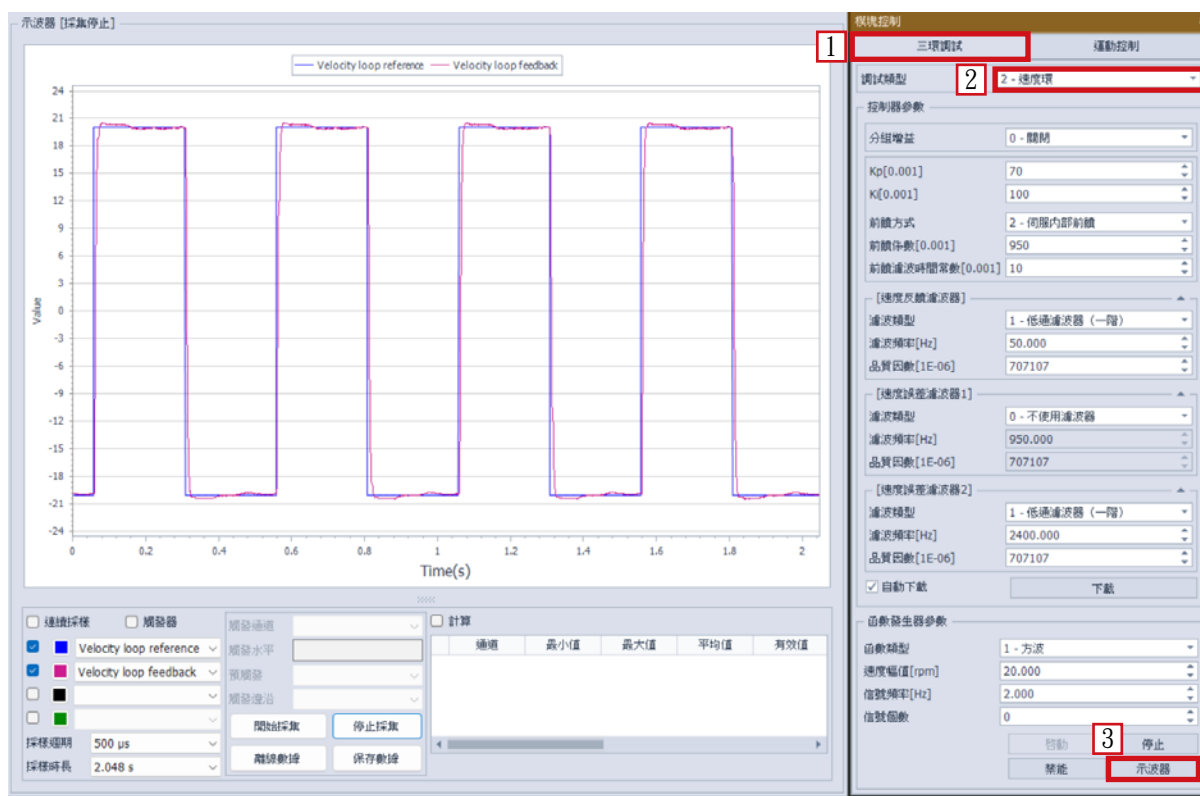


圖 4-26 速度環調適界面

速度環調適步驟

① 準備

- (1) 設置正確的慣量比 0X2422。
- (2) 0x2020:01 Filter Type of measured speed,
0x2021:01 Filter Type of speed error filter 設置為 0，
0x2022:01 Filter Type of speed error second filter 設置為 0，設置 2006 Feed Forward Method 為 0。
- (3) 先給定 Ki 為 0，Kp 為 10，點擊“下載”。



圖 4-27 速度環控制參數

- ② 然後設定函數發生器的函數類型為方波，例速度幅值為 10rpm，信號頻率 2Hz。



► 圖 4-28 速度環函數發生器參數

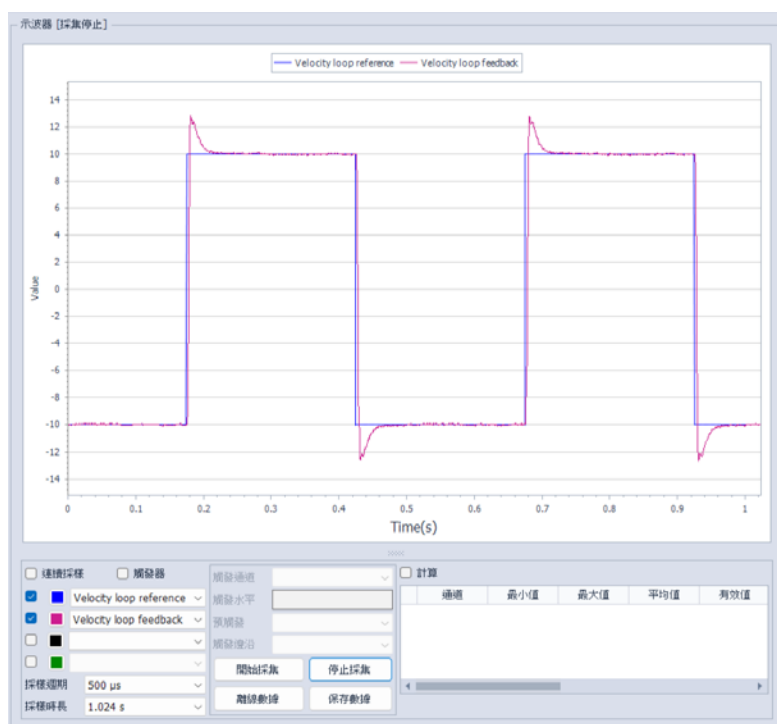
- ③ 打開示波器，設置採樣通道為 speed loop reference（速度給定值）和 speed loop feedback（速度反饋值），選擇合適的採樣周期 200us。勾選觸發採集，觸發邊沿設置為上升沿，觸發通道選擇 speed loop reference（速度給定值），觸發水平為 10rpm，預觸發設置 20%。



► 圖 4-29 速度環示波器採樣參數設置

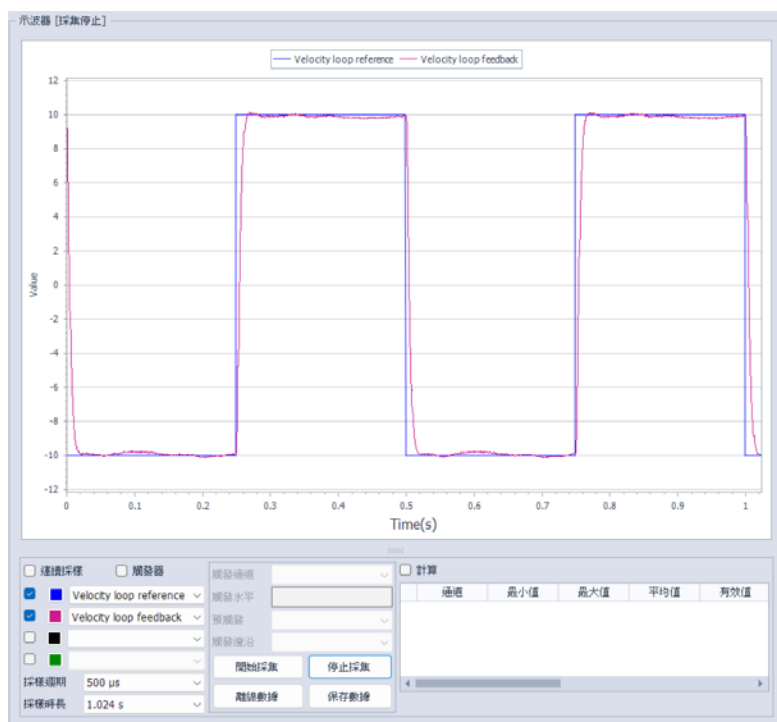
- ④ 把伺服“激磁”，“啟動”函數發生器，然後點擊示波器“開始採集”。在函數類型為階躍訊號時，點擊啟動後會有 4~5s 的延遲時間，以保證有足夠的時間讓示波器啟動採集。

- ⑤ 逐漸增加 K_P (一般以 10 位數量級增加)，觀察 speed loop reference (速度給定值) 和 speed loop feedback (速度反饋值) 在示波器上顯示的波形，直至速度波形出現臨界震蕩：



► 圖 4-30 調整 K_P 至臨界震蕩速度採樣波形

- ⑥ 然後取此時 K_P 值的 70%~80%，停止示波器採集，並停止函數發生器。逐漸增大 K_i ，並重複步驟 3 和步驟 4，等到 speed loop feedback (速度反饋值) 的跟隨穩態誤差全部消除，且超調不超過 30% 速度環調適完成。



► 圖 4-31 調整 K_i 完成後速度採樣波形

為減小加速過程速度偏差值，可進行轉矩前饋調適，將 2006 為 2，開啓前饋功能。調整時，設定 2019 轉矩前饋時間常數為固定值，然後將 2016 速度前饋係數不斷增大，直至某一設定值下，速度前饋取得效果。調適時，應反復調整 2019 和 2016 值，尋找平衡性好的設定，調適不當會導致系統震蕩（一般不建議添加）。

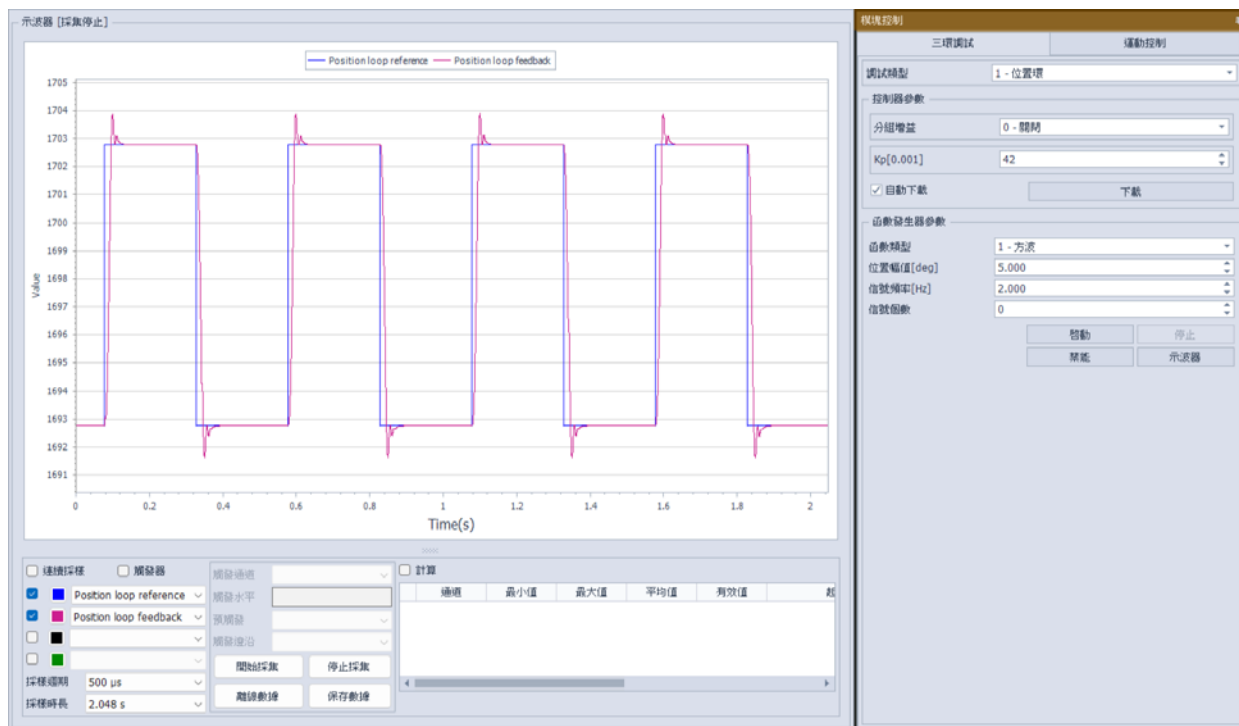
如果調適過程中，發生震蕩或機械共振，可以設置速度陷波濾波器 0x2021/0x2022，將震蕩頻率消除：

表 4-5

參數	說明
200C:01 Measured speed filter	反饋速度濾波值
200F:01 Speed error filter	速度偏差濾波值
2010:01 Speed error second filter	速度偏差濾波值 2
2020:01 FilterType of measured speed filter	反饋速度濾波類型
2020:02 Frequency of measured speed filter	反饋速度濾波器頻率
2020:03 QualityFactor of measured speed filter	反饋速度濾波器品質因素
2021:01 FilterType of speed error filter	反饋速度濾波類型 1
2021:02 Frequency of speed error filter	反饋速度濾波器頻率 1
2021:03 QualityFactor of speed error second filter	反饋速度濾波器品質因素 1
2022:01 FilterType of speed error filter	反饋速度濾波類型 2
2022:02 Frequency of speed error filter	反饋速度濾波器頻率 2
2022:03 QualityFactor of speed error second filter	反饋速度濾波器品質因素 2
2421 Velocity Average Filtering	速度平均濾波，內部使用。

4.4.4.3 位置環

三環調適第三環是位置環，選擇“位置環”，出現位置環的調適界面。



► 圖 4-32 位置環調適界面

與電流環和位置環相比，參數只需要確定一個 K_p 比例係數，位置環調適步驟：

- ① 調適環路的時候先按照默認參數 10，抓取位置曲線後依情況對 K_p 進行修訂。



► 圖 4-33 位置環控制參數

- ② 設定函數發生器的函數類型為方波訊號，位置幅值為 5deg（以當前位置為零點，運動幅值為 1000cnt，位置環調適的時候注意機械末端行程），訊號頻率為 2Hz。



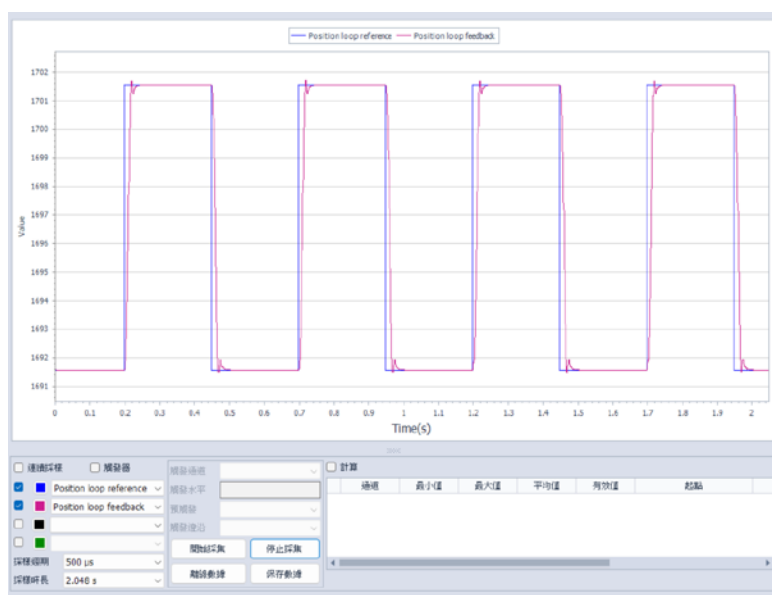
► 圖 4-34 位置環函數發生器參數

- ③ 打開示波器，設置採樣通道為 position loop reference（位置參考值）和 position loop feedback（位置反饋值），選擇合適的採樣週期和採樣時間，勾選連續採集。



► 圖 4-35 位置環示波器採樣參數設置

- ④ 調整位置 k_p ，觀察 position loop reference（位置參考值）和 position loop feedback（位置反饋值）在示波器上顯示的波形。
- ⑤ 打當位置跟隨誤差較大或響應較慢時可加大 k_p ，當位置超調或者出現抖動時減小 k_p 直至波形跟隨良好，同時確保電流不飽和，位置環調適完成。



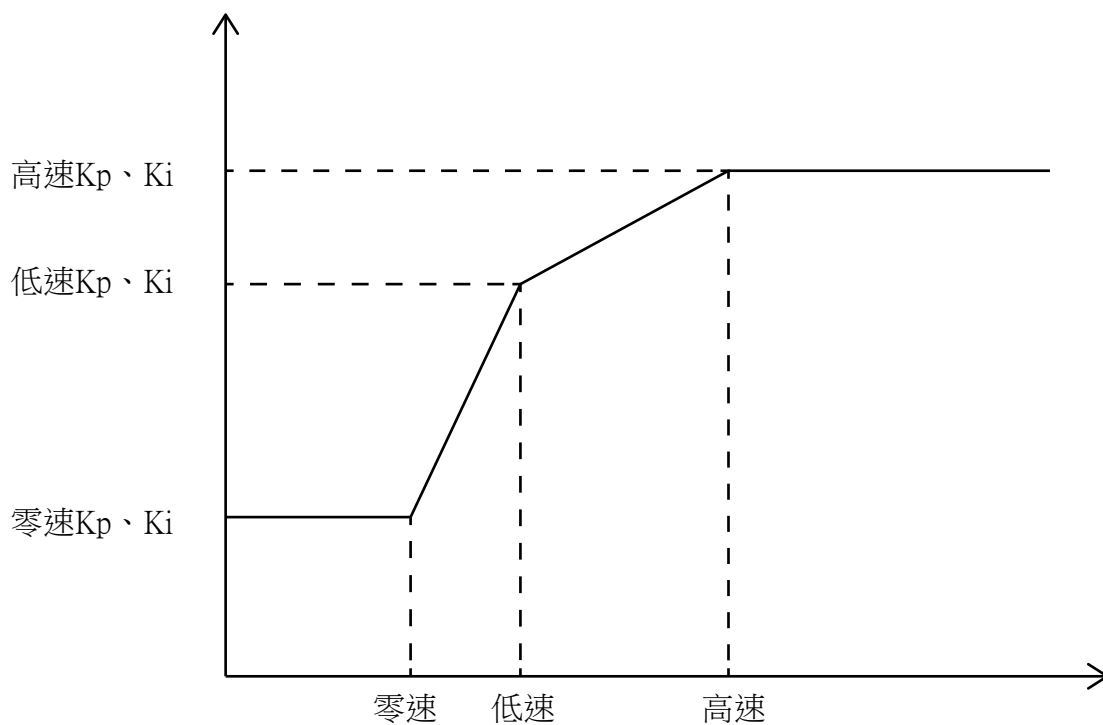
► 圖 4-36 調整 K_p 後位置採樣波形

如果實際應用中，位置跟隨誤差不滿足，則可以開啓前饋功能進行轉矩、速度前饋調適，將 0x2006 爲 2，開啓前饋功能。調整時，設定 0x2019 轉矩前饋時間常數爲固定值，然後將 2016 速度前饋係數不斷增大，直至某一設定值下，速度前饋取得效果。調適時，應反復調整 0x2019 和 0x2016 值，尋找平衡性好的設定。

調整位置環增益後，馬達在激磁狀態未啟動運行狀態下發出低頻可聽噪聲，可降低速度環 Kp 或電流環 KP。如果位置環 Kp 設置太低，剛性較弱。

4.4.4.4 分組增益

對於變慣量負載的應用場合，當速度環、位置環一組固定增益參數滿足不了高、中、低速時，可以設置分組增益。與單組增益設置方法相同，分組增益設置原理如下：



► 圖 4-37 分組增益原理

以速度環爲例：當設置分組增益時，可設置實際速度或給定速度。

實際速度或給定速度：

- I. 在 0- 零速範圍內，增益參數爲固定設置的零速 Kp、Ki；
- II. 在零速- 低速範圍內，增益參數隨著速度按斜率 $(\text{低速 Kp、Ki} - \text{零速 Kp、Ki}) / (\text{低速} - \text{零速})$ 增加。Kp 按 $(\text{低速 Kp} - \text{零速 Kp}) / (\text{低速} - \text{零速})$ 斜率增加，Ki 按 $(\text{低速 Ki} - \text{零速 Ki}) / (\text{低速} - \text{零速})$ 斜率增加。
- III. 在低速- 高速範圍內，增益參數隨著速度按斜率 $(\text{高速 Kp、Ki} - \text{低速 Kp、Ki}) / (\text{高速} - \text{低速})$ 增加。Kp 按 $(\text{高速 Kp} - \text{低速 Kp}) / (\text{高速} - \text{低速})$ 斜率增加，Ki 按 $(\text{高速 Ki} - \text{低速 Ki}) / (\text{高速} - \text{低速})$ 斜率增加。
- IV. 在大於高速範圍內，增益參數爲固定設置的高速 Kp、Ki；

4.5 運動控制

配置完成馬達參數、編碼器參數和控制參數後，即可對馬達進行簡單的驅動。上位機軟件控制伺服驅動器驅動馬達主要有以下幾種模式，包括速度模式、位置模式、歸原點模式、轉矩模式。

4.5.1 位置控制模式

在主選單中選擇“運動”，點擊“位置模式”，打開位置模式運動控制界面。



► 圖 4-38 位置模式運動控制界面

位置模式運動控制步驟如下：

① 配置位置模式運動參數。

- 往復運動：配置位置運動為單向運動或者往復運動。
- 目標位置：控制運動的路程，配置為往復運動的時候，需要設定兩段目標位置。
- 速度：馬達運動的速度。
- 加速度：馬達啟動運動的加速度。
- 減速度：馬達停止運動的減速度。
- 快停減速度：直接禁能時馬達停止的減速度。
- 指令類型：絕對，以編碼器零點為起點進行運動。
相對，以編碼器當前位置為零點進行運動。
- 曲線類型：有 Linear ramp（直線）和 Jerk-limited ramp（S 型曲線）兩種曲線。
- 等待時間：當配置為往復運動的時候，可以配置目標位置到達等待延時時間
- 循環次數：當配置為往復運動的時候，可配置往復循環次數，勾選無限循環的時候則會進行無限次數循環運行。

② 伺服驅動器激磁。點擊“激磁”，切換伺服驅動器為激磁狀態。

③ “啟動”，開始位置模式運動控制。

④ “啟動 + 開始採集”，開始位置模式運動控制，然後開始採集示波器。

4.5.2 速度控制模式

在主選單中選擇“運動”，點擊“速度模式”，打開速度模式運動控制界面。



► 圖 4-39 速度模式運動控制界面

速度模式運動控制步驟如下：

- ① 配置速度模式運動參數。
 - 目標速度：馬達運動的速度。
 - 加速度：馬達運動的加速度。
 - 減速度：馬達運動的減速度。
 - 快停減速度：直接禁能時馬達停止的減速度。
- ② 驅動器激磁。點擊“激磁”，激磁成功後運動監視窗口會切換成“伺服激磁”狀態。
- ③ 正轉 / 反轉。正轉，控制馬達以正方向運動；反轉，控制馬達以反方向運動。

4.5.3 歸原點模式

在右上角選擇“運動控制”，點擊“歸原點模式”，打開歸原點模式運動控制界面。



► 圖 4-40 歸原點模式運動控制界面

歸原點模式運動控制步驟如下：

- ① 配置歸原點模式運動參數。
 - 歸原點方式：有 35 種歸原點方式，啟動時，馬達按選擇的歸原點方式運動。
 - 歸原點高速：啟動時，馬達開始高速找到零點。
 - 歸原點低速：啟動時，馬達找到零點後，低速運動到零點。
 - 零點偏置：設置零點偏置後，馬達最終停在偏置後的位置。
 - 歸原點加減速度：啟動時，尋找零點和找到零點的加減速度
- ② 驅動器激磁：點擊“激磁”，激磁成功後運動監視窗口會切換成“伺服激磁”狀態。
- ③ 啟動 / 停止：啟動，馬達按設置的歸原點方式運動；停止，馬達停止。

歸原點方式介紹：

(1) 歸原點方式使用

當使用增量編碼器時，上電時伺服不知道馬達位置的時候，因此需要執行歸原點操作。

當使用絕對值編碼器或者增量式 + 霍爾訊號時，只需首次上電進行歸原點操作。

注意：與零點校正的區別。零點校正是馬達的初始角辨識，如果不進行初始角辨識，可能會出現馬達反轉現象，甚至失控現象。同樣當使用增量編碼器時，每次上電需要零點校正。當使用絕對值編碼器或者增量式 + 霍爾訊號時，只需首次上電進行零點校正。

(2) 歸原點方式使用

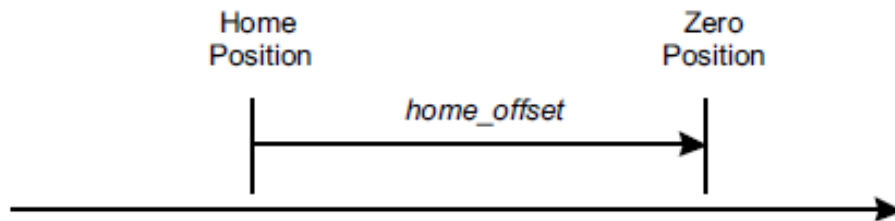
① 原點與零點

原點：機械原點，可表示原點開關或馬達 Z 訊號。

零點：定位目標點，也即歸原點最終停在此的位置。

在歸原點過程中，馬達停在原點，如果設置了位置偏差 607C，則馬達停在零點。

兩者關係為：零點 = 原點 + 607C (位置偏差)。



► 圖 4-41 原點與零點關係

② 速度

高速：找限位開關（根據原點方式不同而不同）過程中速度是高速。（6099-01h）。

低速：找到限位開關之後找原點過程的速度是低速（6099-02h）。

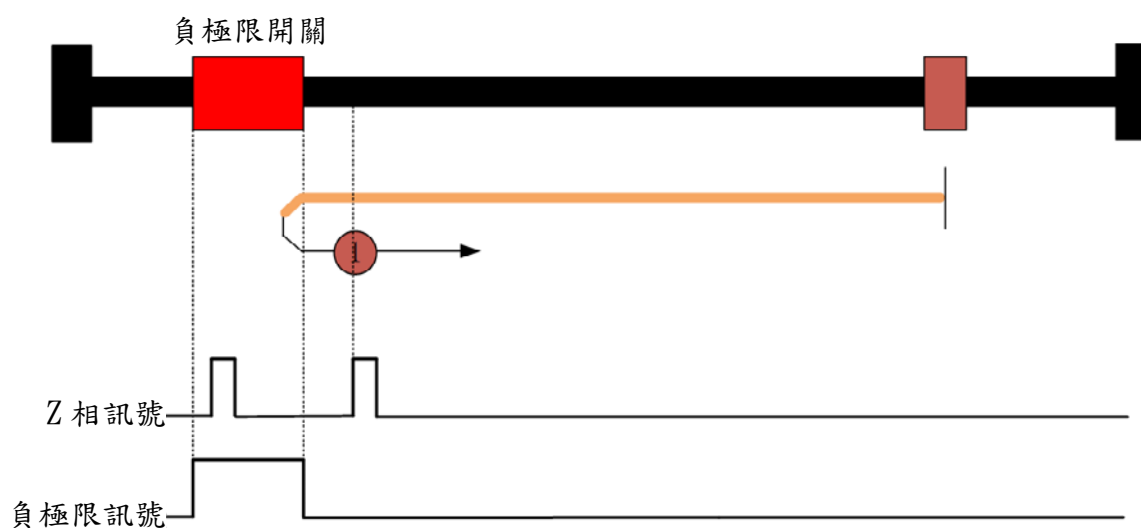
加減速度：歸原點過程中的加速度和減速度（609A）。

③ 方向

編碼器數值增加的方向為正方向，數值減小的方向為負方向。

(3) 歸原點方式介紹

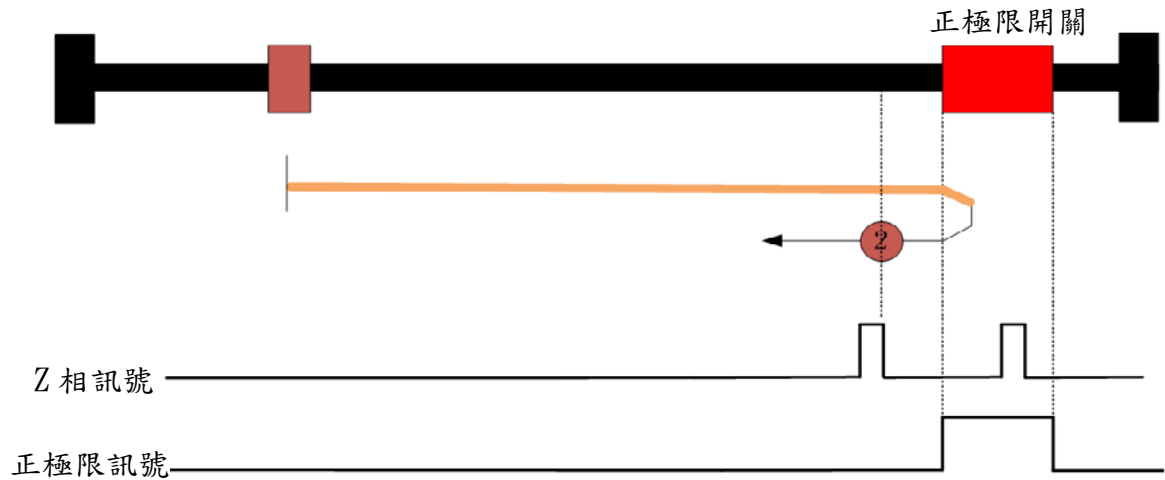
歸原點方式 1：負極限開關的下降沿 + 零位脈衝



► 圖 4-42 歸原點方式 1

歸原點啟動時，馬達負向高速（6099-01）運動，遇到負極限開關訊號為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運動，直到遇負極限開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態 Homing attained 被設定為 1，以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

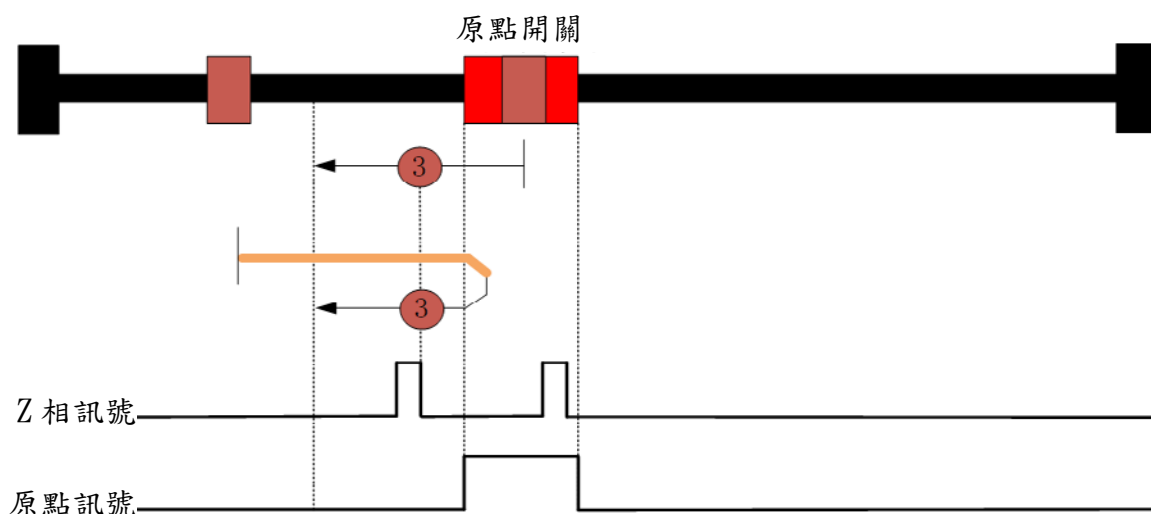
歸原點方式 2：正極限開關的下降沿 + 零位脈衝



► 圖 4-43 歸原點方式 2

歸原點啟動時，馬達正向高速（6099-01）運動，當遇到正極限開關訊號變 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運動，直到遇到正極限開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

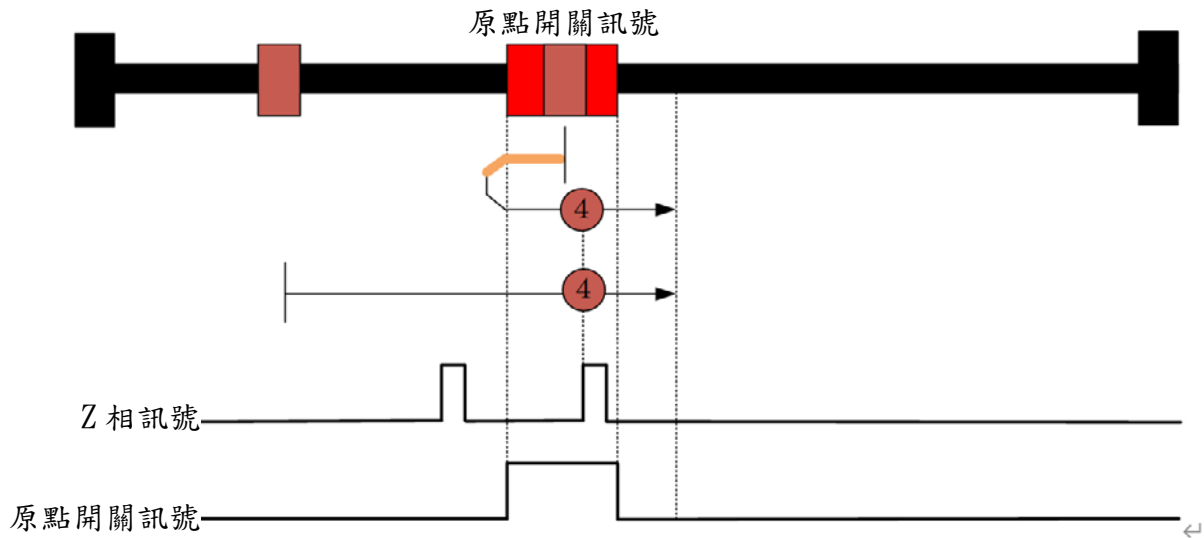
歸原點方式 3：正向原點開關的下降沿 + 零位脈衝



► 圖 4-44 歸原點方式 3

- ① 歸原點啟動時，當原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運動，當遇到原點開關訊號變 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運動，直到遇到正向原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，當原點開關訊號 High 時，馬達負向低速（6099-02）運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

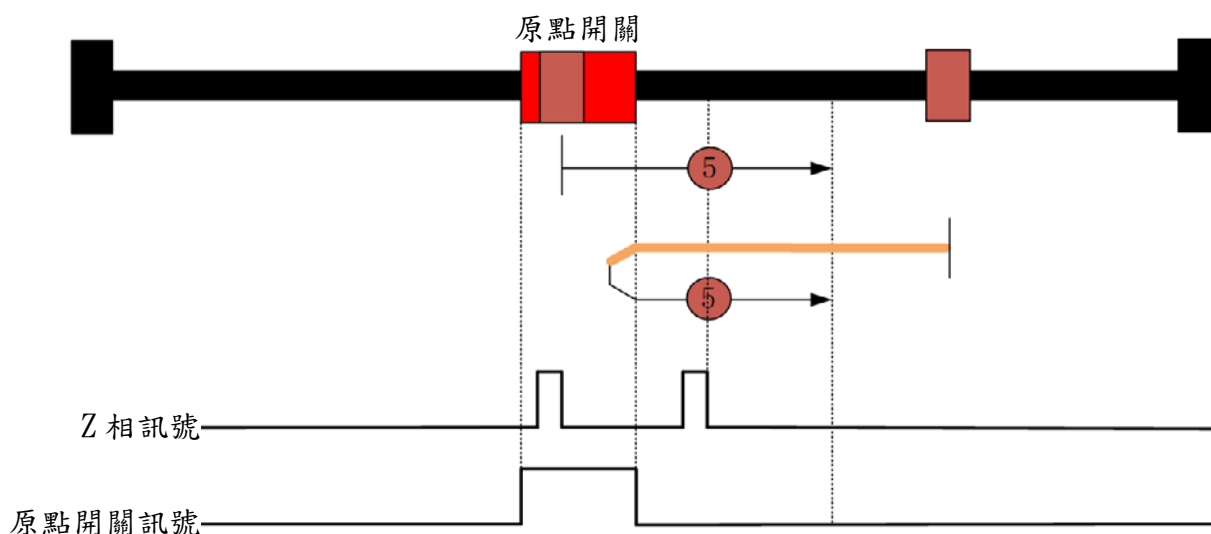
歸原點方式 4：正向原點開關的上升沿 + 零位脈衝



► 圖 4-45 歸原點方式 4

- ① 歸原點啟動時，當原點開關訊號 Low 時，馬達正向低速（6099-02）運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，開始以歸原點減速度（609A）減速，最終歸原點至 Z 脈衝鎖存位設為處，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，當原點開關訊號 High 時，馬達負向高速（6099-01）運動，當遇到原點開關訊號變 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，開始以歸原點減速度（609A）減速，最終歸原點至 Z 脈衝鎖存位設為處，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

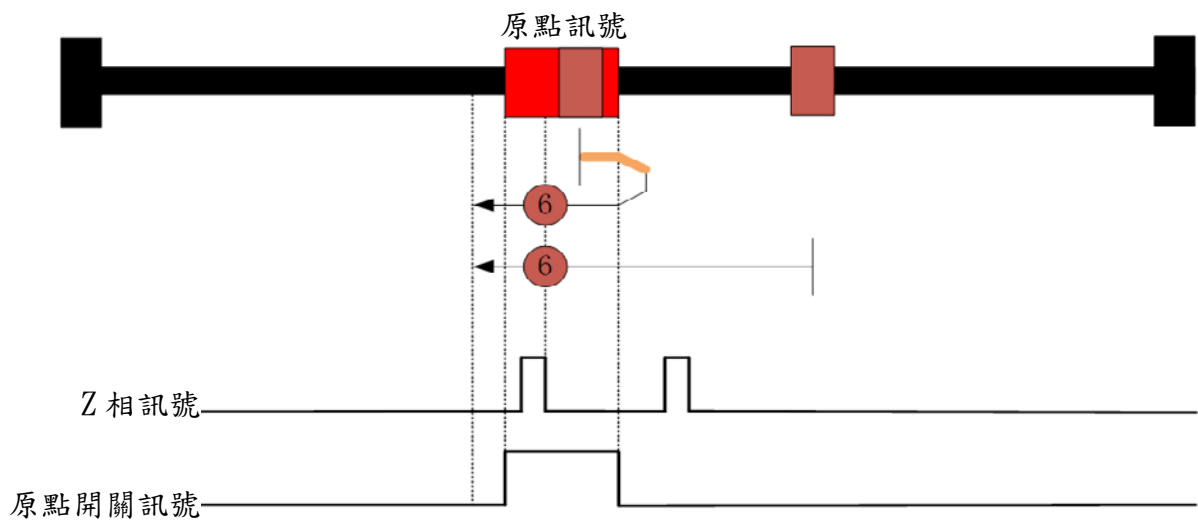
歸原點方式 5：負向原點開關的下降沿 + 零位脈衝



► 圖 4-46 歸原點方式 5

- ① 歸原點啟動時，當原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運動，當遇到原點開關訊號變 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速正向運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，最終歸原點至 Z 脈衝鎖存位設為處，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，當負向原點開關訊號 High 時，馬達征向低速（6099-02）運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，，開始以歸原點減速度（609A）減速，最終歸原點至 Z 脈衝鎖存位設為處，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

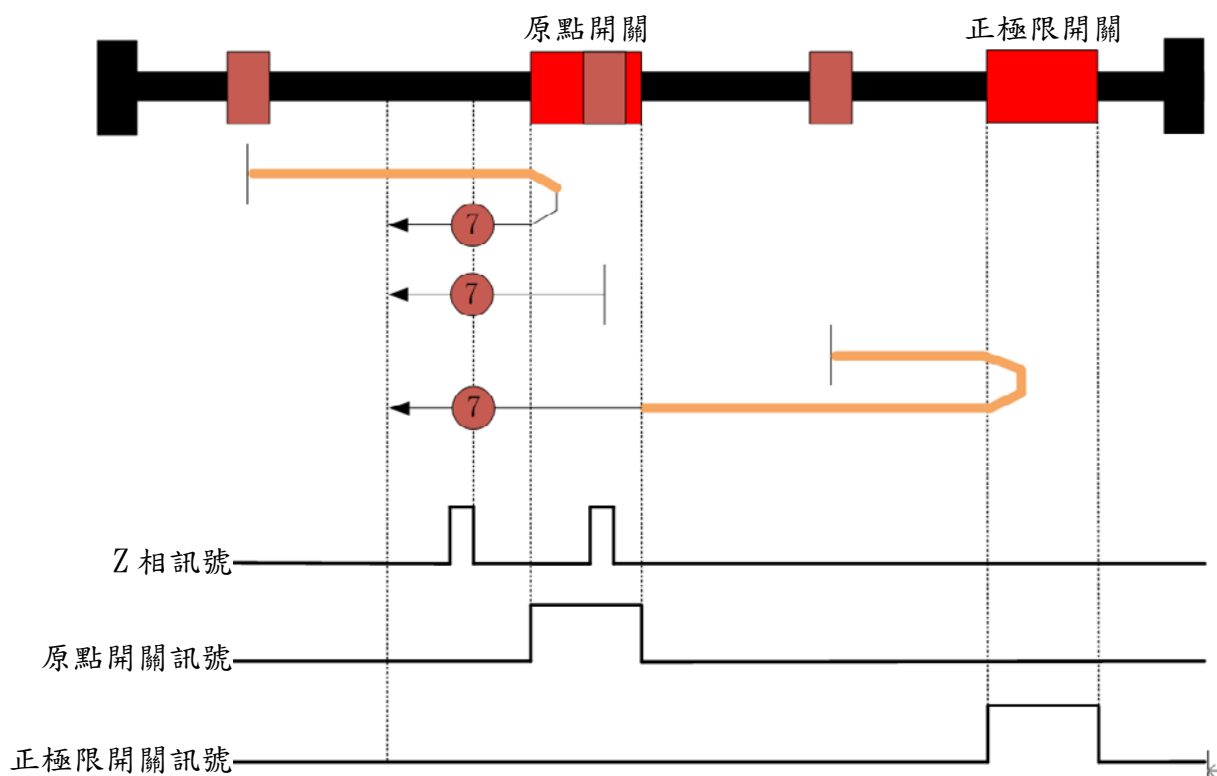
歸原點方式 6：負向原點開關的上升沿 + 零位脈衝



► 圖 4-47 歸原點方式 6

- ① 歸原點啟動時，當原點開關訊號 Low 時，馬達負向低速（6099-02）運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，當原點開關訊號 High 時，馬達正向高速（6099-01）運動，當遇到原點開關訊號變 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速負向運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

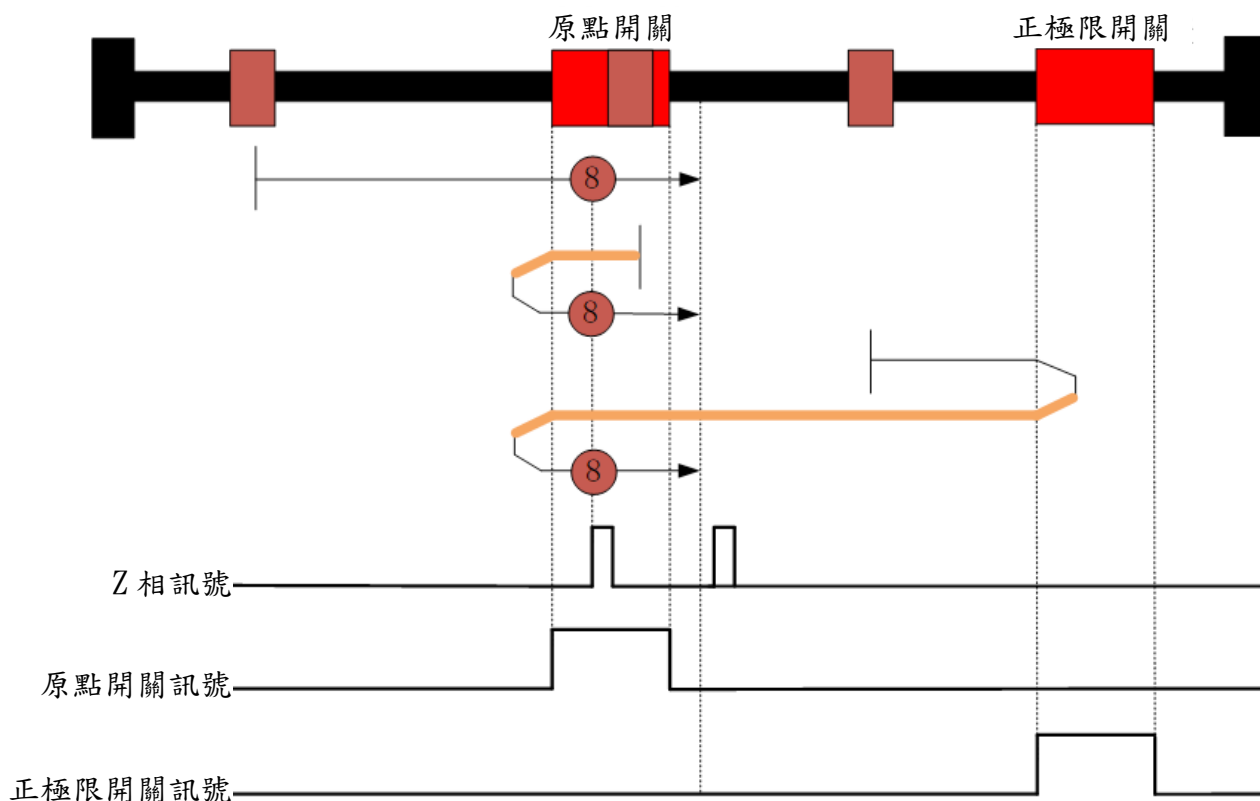
歸原點方式 7：負向原點開關的下降沿 + 零位脈衝，正極限開關檢測



► 圖 4-48 歸原點方式 7

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速運動，
 - (1) 當原點開關訊號為 High 時，馬達以歸原點減速度 (609A) 減速至 0，然後反向以歸原點加速度 (609A) 加速到低速 (6099-02)，保持低速負向運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度 (609A) 減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 當正極限開關變為 High 時，馬達以歸原點減速度 (609A) 減速至 0，然後反向以歸原點加速度 (609A) 加速到高速 (6099-01)，保持高速負向運動，遇到原點開關訊號變為 High，以歸原點減速度 (609A) 減速到低速 (6099-02)，保持低速負向運動，直至遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後的第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度 (609A) 減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向低速 (6099-02) 運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度 (609A) 減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

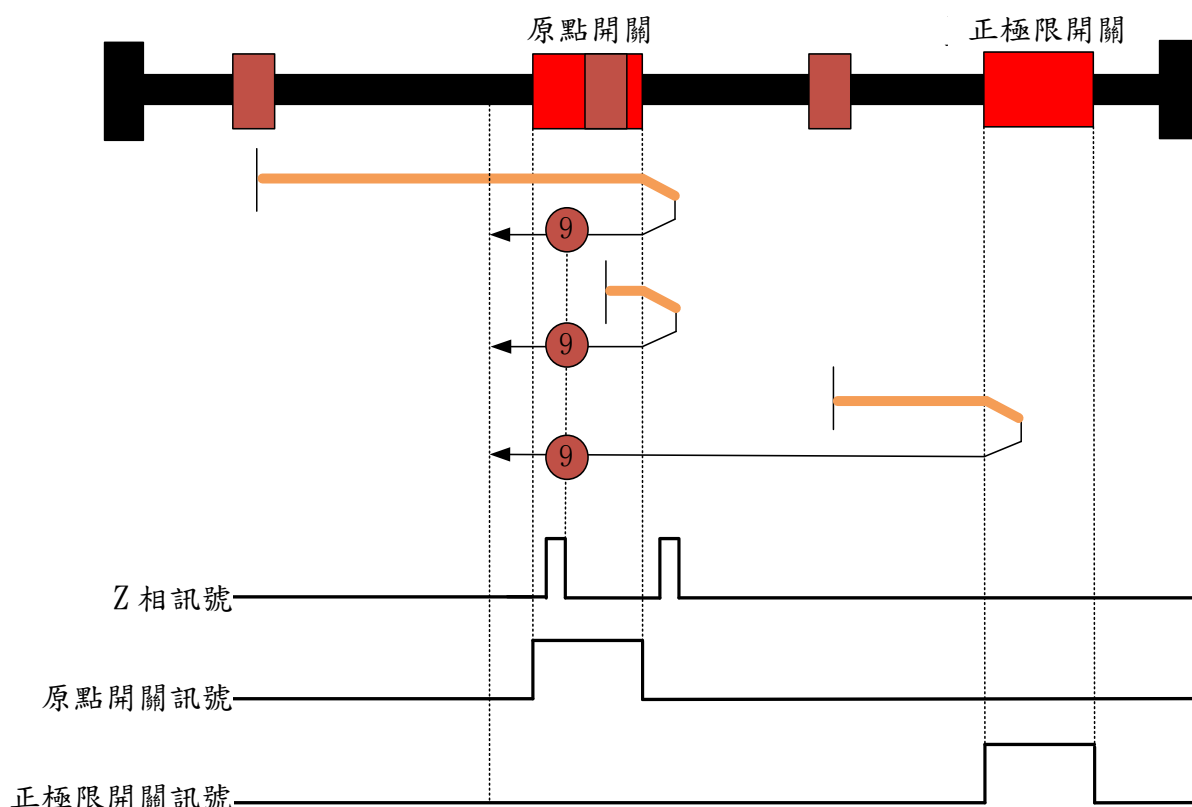
歸原點方式 8：正向原點開關的上升沿 + 零位脈衝，正極限開關檢測



► 圖 4-49 歸原點方式 8

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向低速（6099-02）運動，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達繼續低速（6099-02）正向運動，直到遇到原點開關訊號變 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持高速負向運動，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向高速（6099-01）運動，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

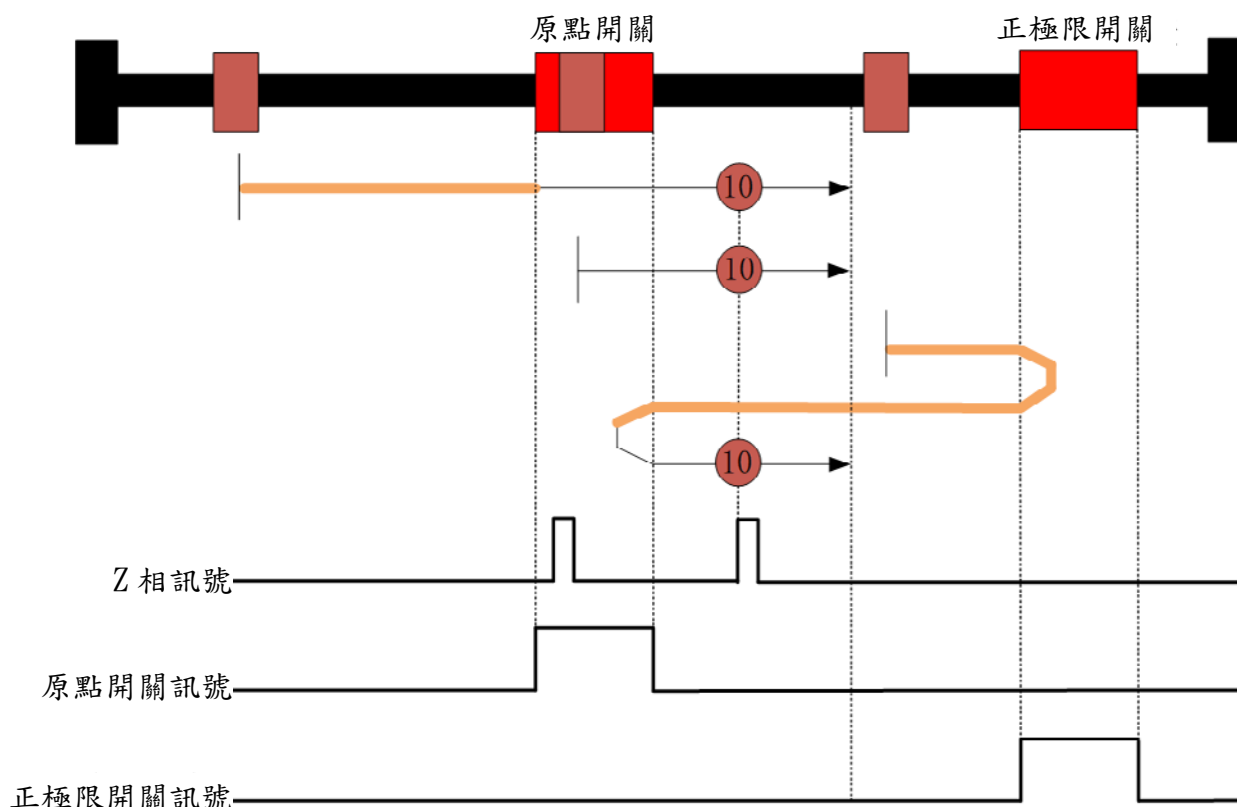
歸原點方式 9：負向原點開關的上升沿 + 零位脈衝，正極限開關檢測



► 圖 4-50 歸原點方式 9

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運動，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達保持高速（6099-01）正向運動，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速負向運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0 後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速負向運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向高速運動，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至 0，然後反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速負向運動，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

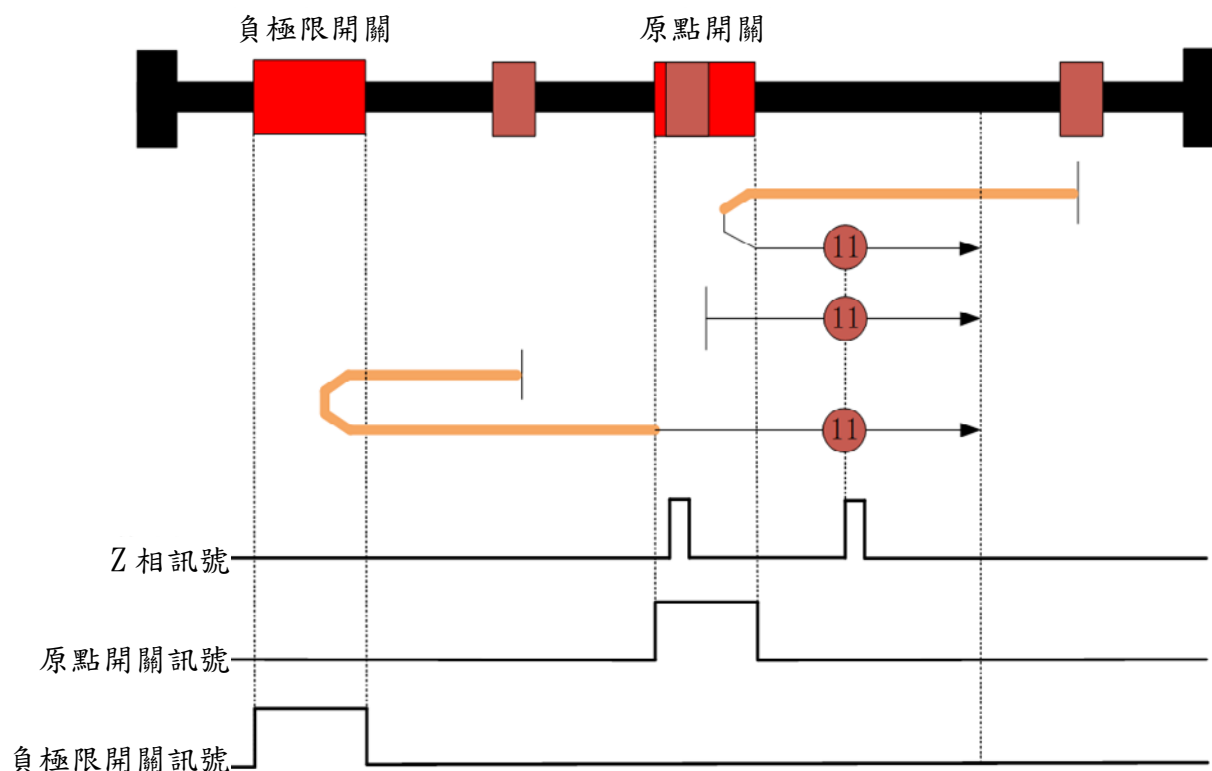
歸原點方式 10：正向原點開關的下降沿 + 零位脈衝，正極限開關檢測



►圖 4-51 歸原點方式 10

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運動，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速至低速（6099-02），保持低速正向運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持高速負向運動，當遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持低速正向運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向低速（6099-02）運動，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

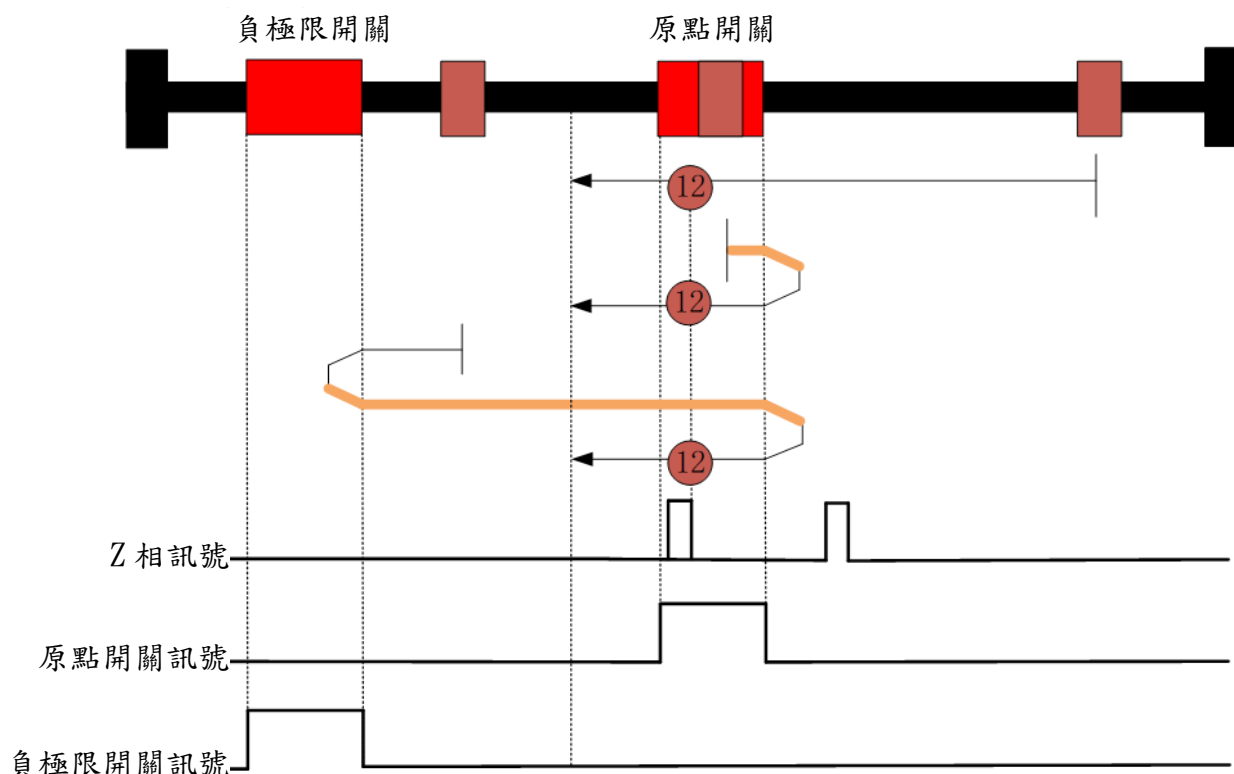
歸原點方式 11：正向原點開關的下降沿 + 零位脈衝，負極限開關檢測



► 圖 4-52 歸原點方式 11

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運動，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持正向高速運行，當遇到原點開關訊號由 Low 轉為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

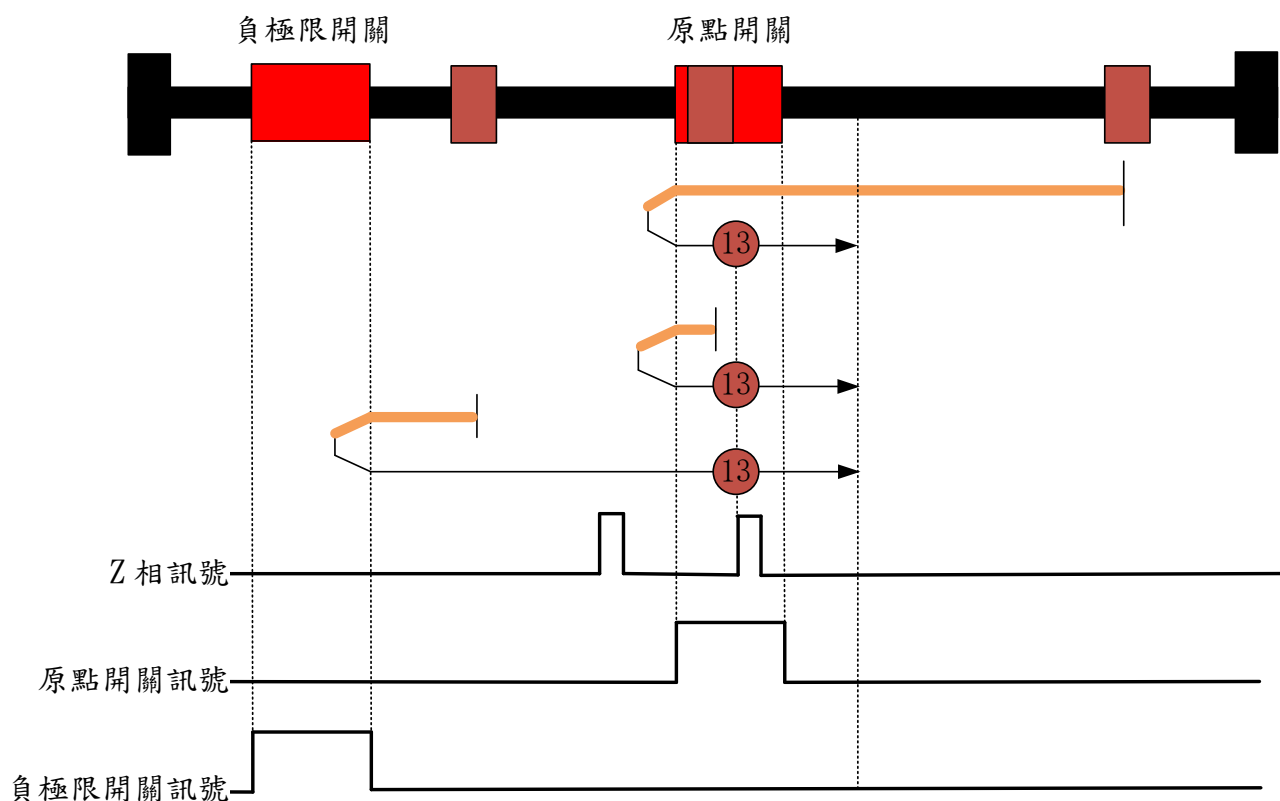
歸原點方式 12：負向原點開關的上升沿 + 零位脈衝，負極限開關檢測



►圖 4-53 歸原點方式 12

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向低速（6099-02），
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達保持負向低速（6099-02）運行，遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持正向高速運行，遇到原點開關訊號 High 變為 Low 時，歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

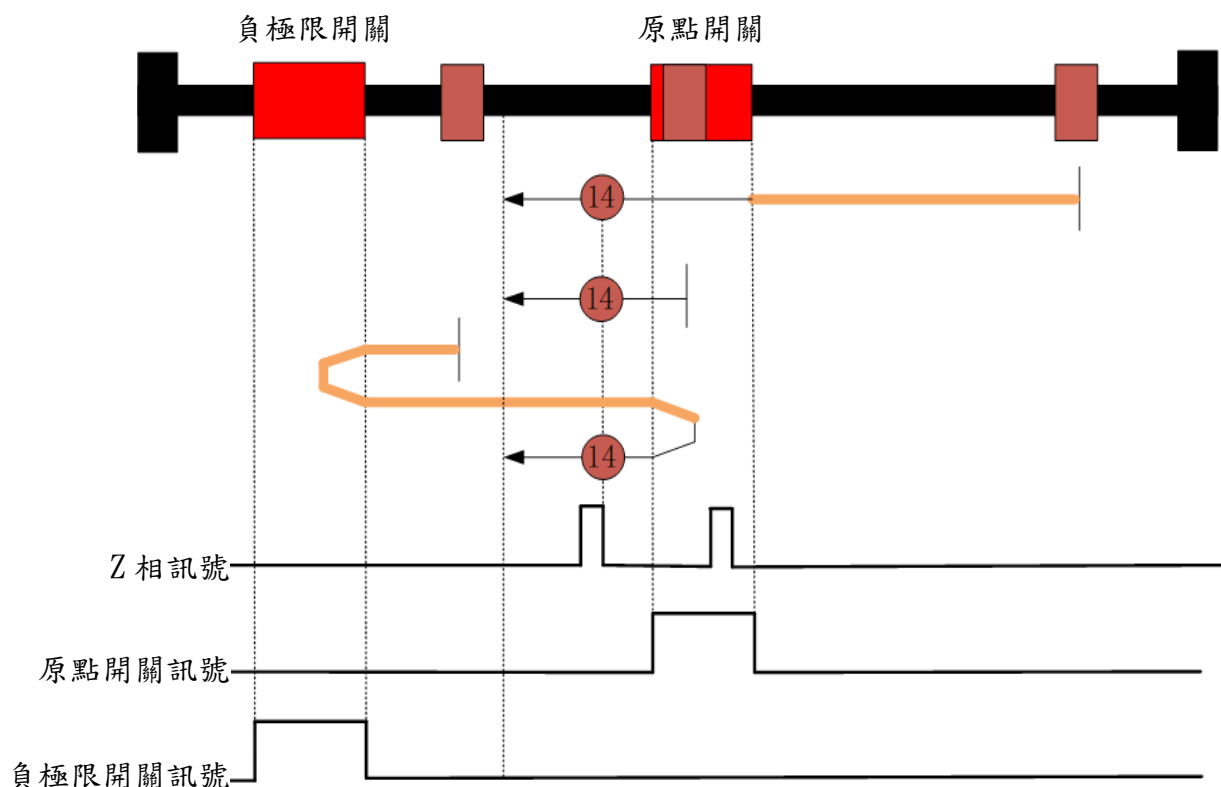
歸原點方式 13：正向原點開關的上升沿 + 零位脈衝，負極限開關檢測



►圖 4-54 歸原點方式 13

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達保持負向高速運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達保持負向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 14：負向原點開關的下降沿 + 零位脈衝，負極限開關檢測



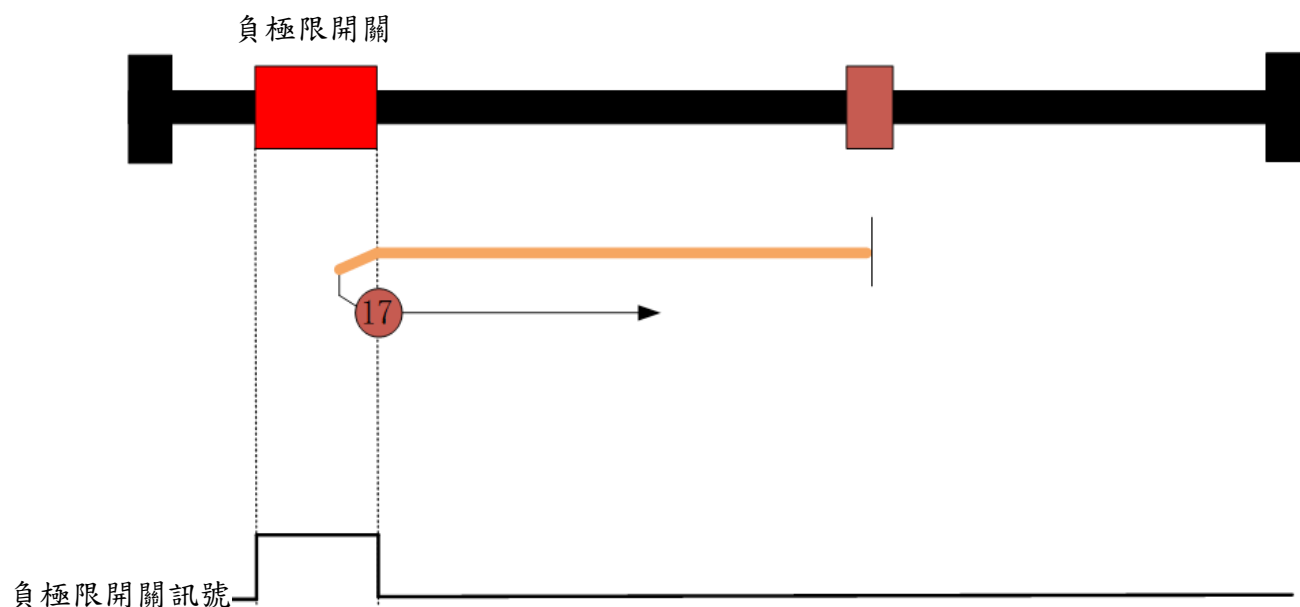
►圖 4-55 歸原點方式 14

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持負向高速運行，遇到原點開關訊號由 Low 變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 後第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 15：保留，用於歸原點方式的拓展定義。

歸原點方式 16：保留，用於歸原點方式的拓展定義。

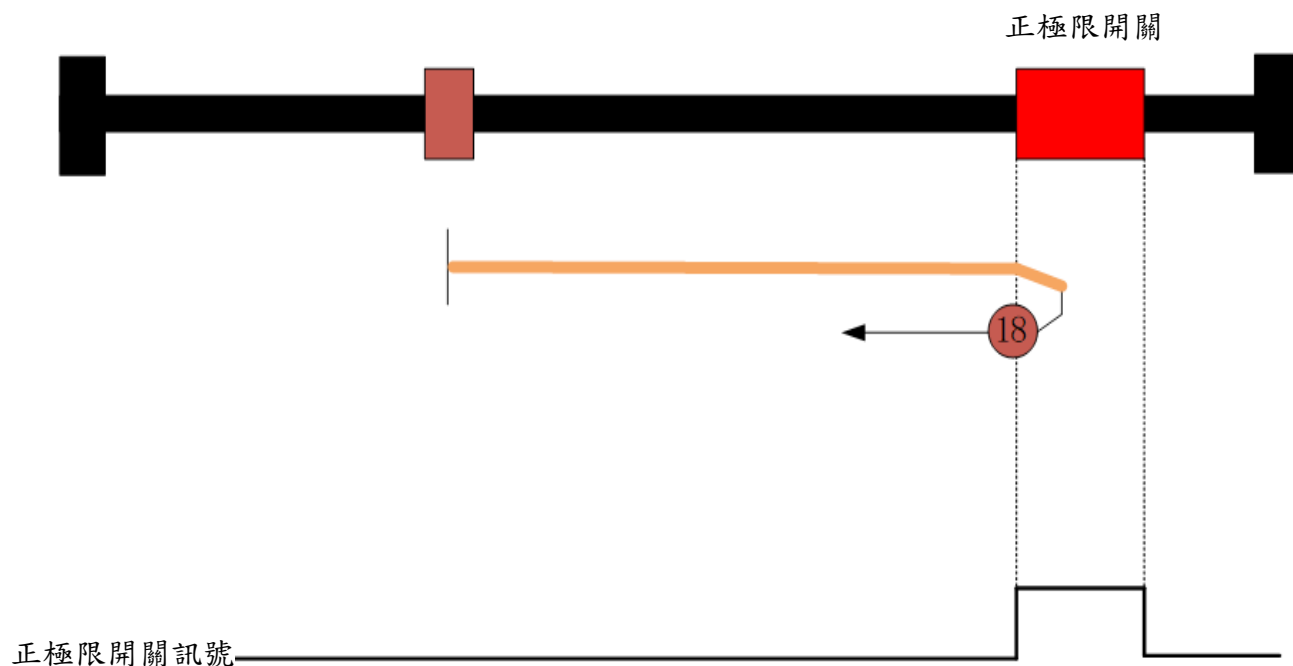
歸原點方式 17：負極限開關的下降沿



►圖 4-56 歸原點方式 17

馬達負向高速（6099-01）運行，遇到負極限開關訊號變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到負極限開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

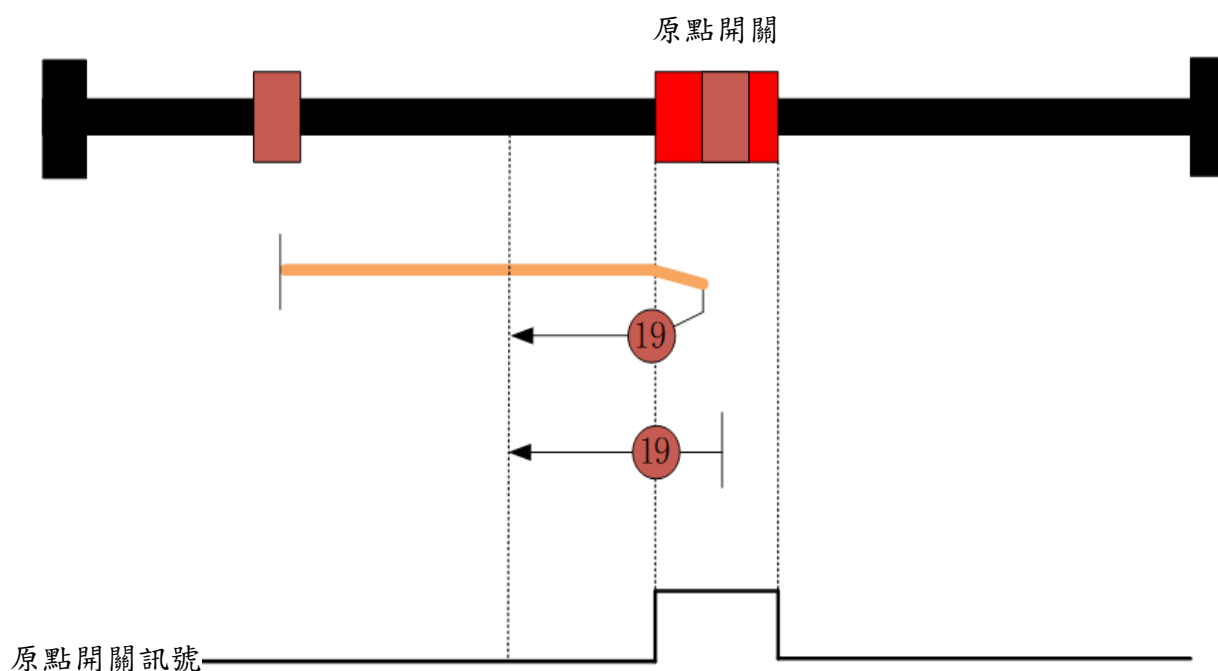
歸原點方式 18：正極限開關的下降沿



►圖 4-57 歸原點方式 18

馬達正向高速（6099-01）運行，遇到開關訊號變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到正極限開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

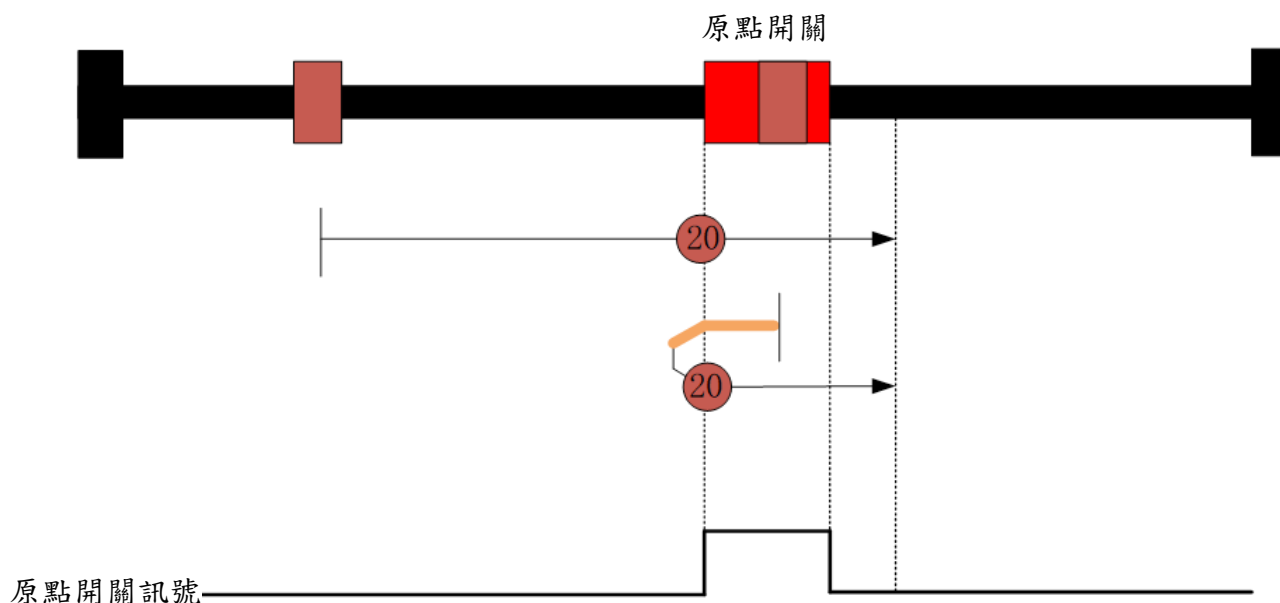
歸原點方式 19：負向原點開關的下降沿



►圖 4-58 歸原點方式 19

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運行，遇到正向原點開關訊號變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到正向原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向低速（6099-02）運行，直到遇到正向原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

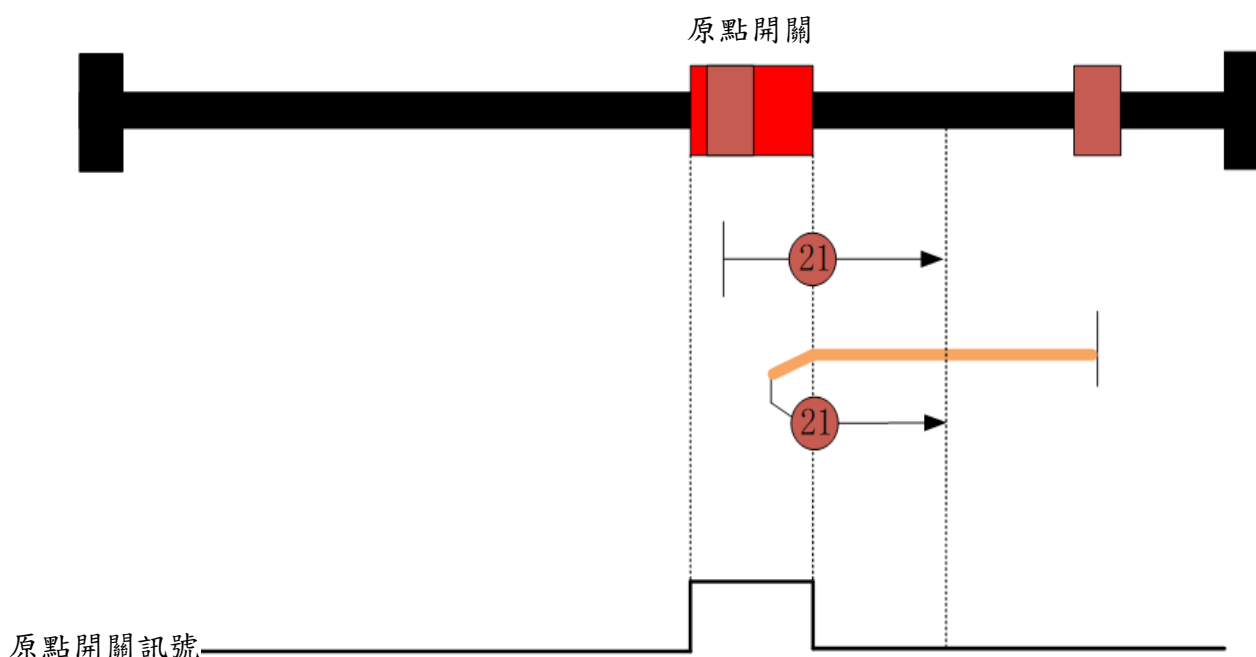
歸原點方式 20：正向原點開關的上升沿



►圖 4-59 歸原點方式 20

- ① 歸原點啟動時，正向原點開關訊號 Low 時，馬達正向低速（6099-02）運行，直到遇到正向原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，正向原點開關訊號 High 時，馬達負向高速（6099-01）運行，遇到正向原點開關訊號變為 Low，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到正向原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

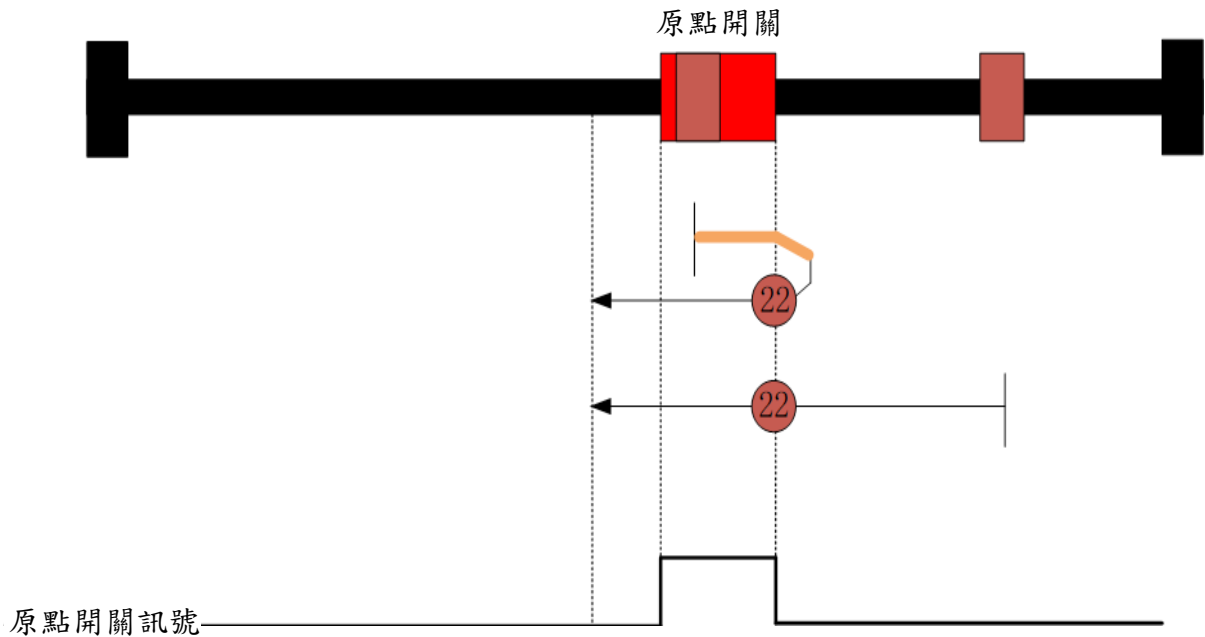
歸原點方式 21：負向原點開關的下降沿



►圖 4-60 歸原點方式 21

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

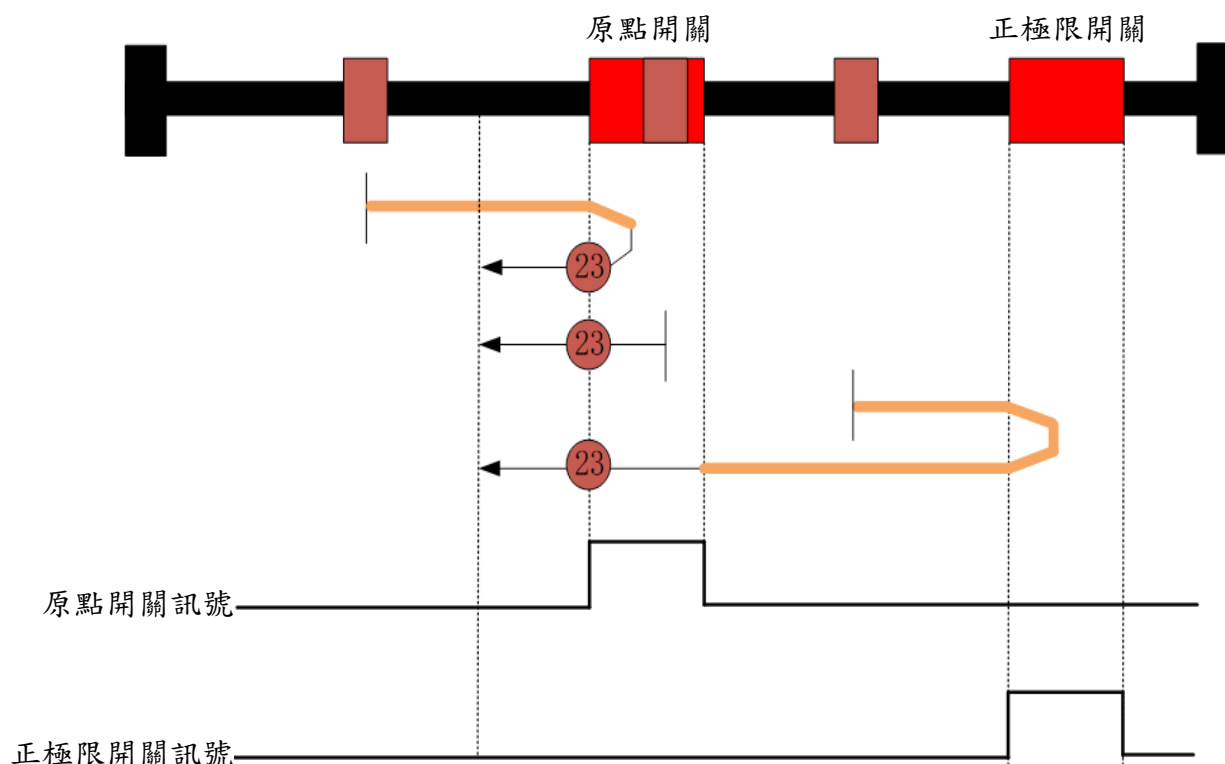
歸原點方式 22：負向原點開關的上升沿



►圖 4-61 歸原點方式 22

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號變為 Low，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

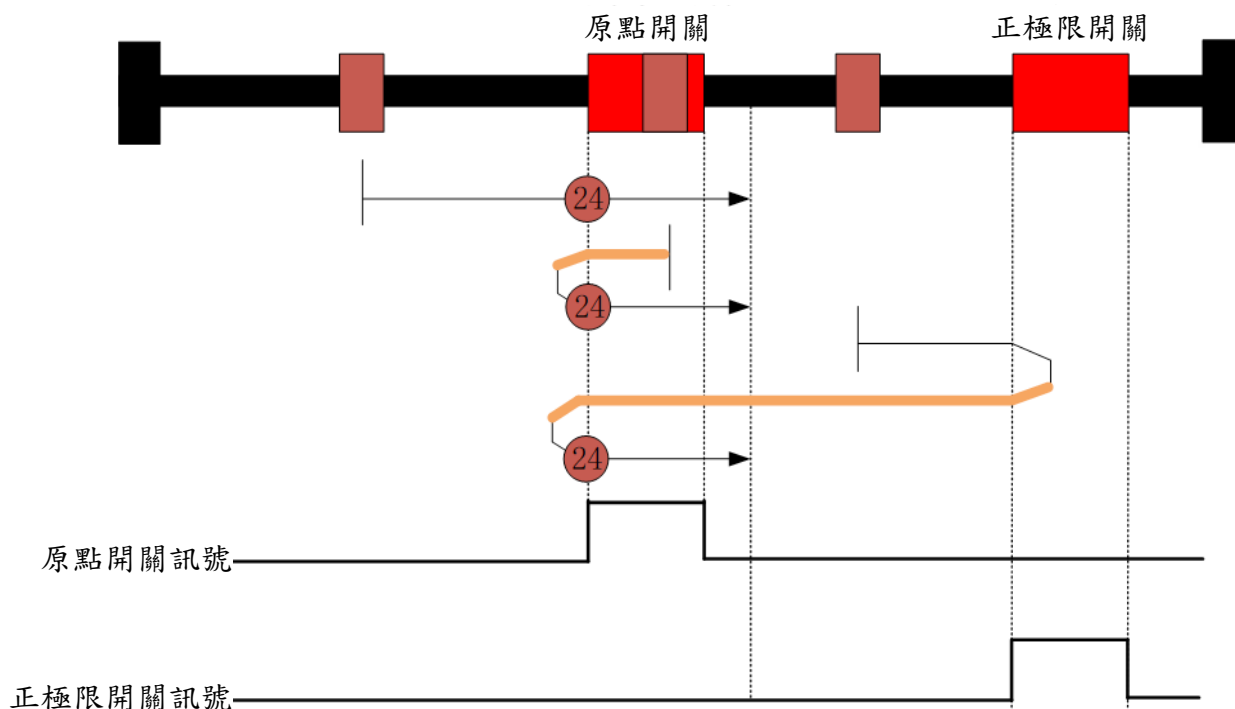
歸原點方式 23：負向原點開關的下降沿，正極限開關檢測



►圖 4-62 歸原點方式 23

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持負向高速運行，遇到原點開關訊號由 Low 變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）低速（6099-01），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

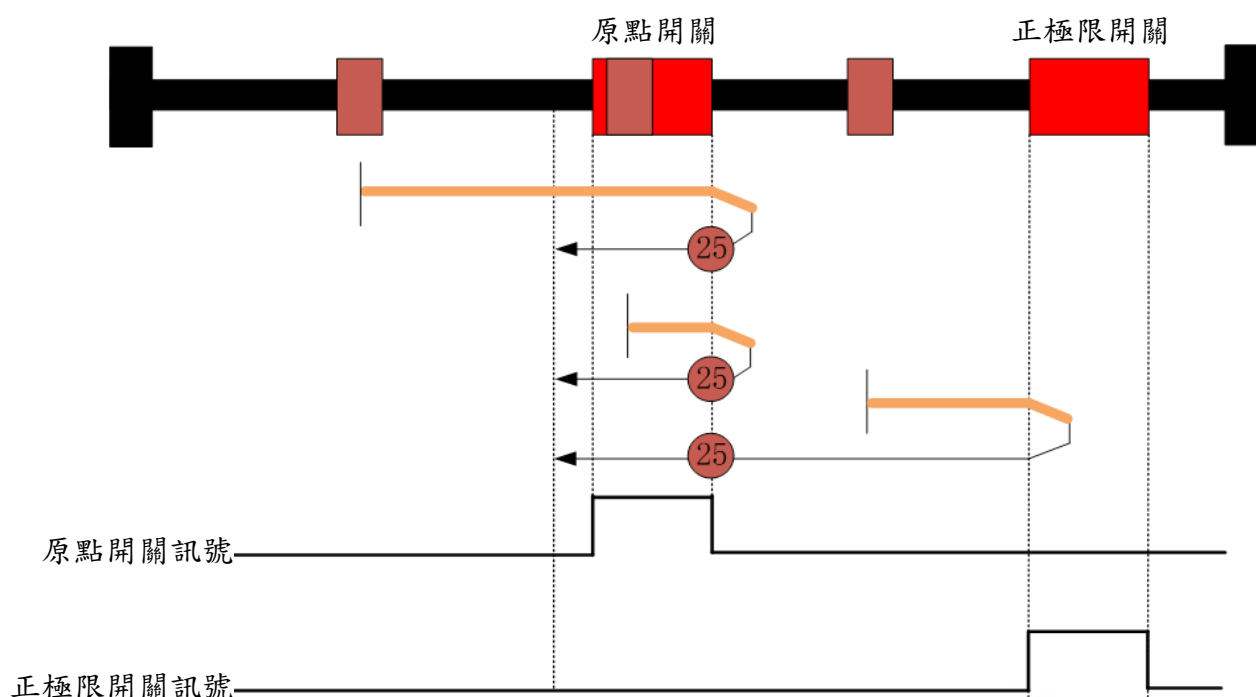
歸原點方式 24：正向原點開關的上升沿，正極限開關檢測



►圖 4-63 歸原點方式 24

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向低速（6099-02）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持負向高速運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-01），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 25：負向原點開關的上升沿，正極限開關檢測

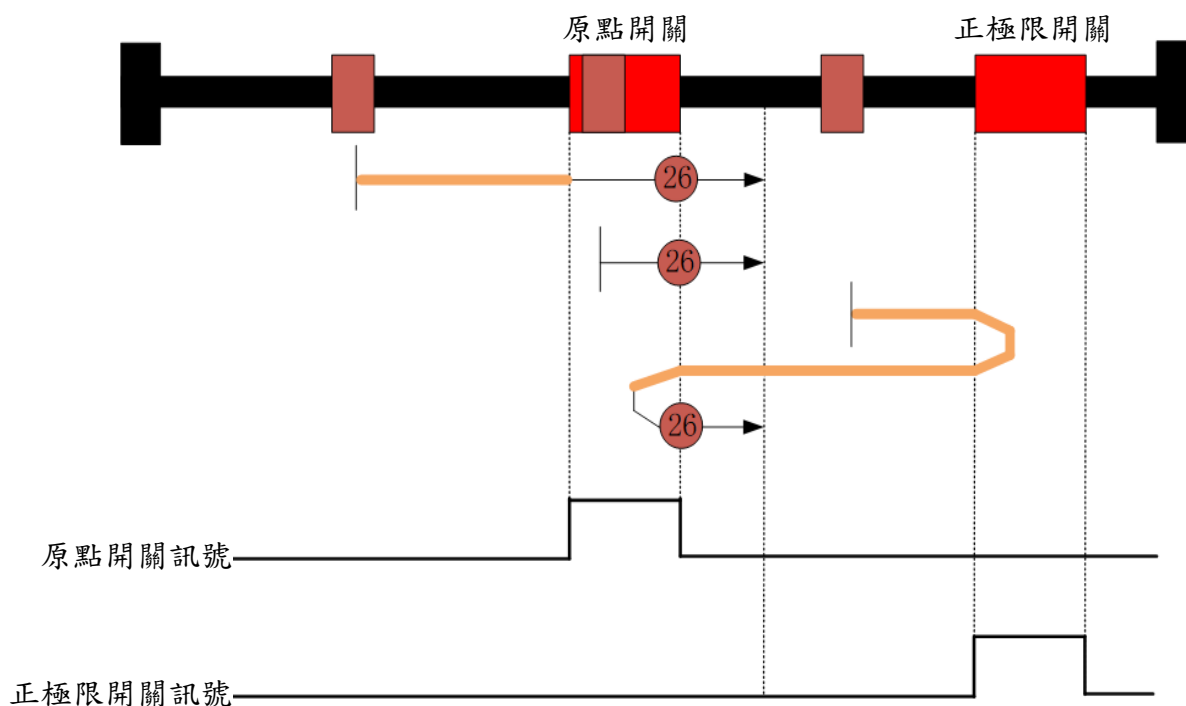


►圖 4-64 歸原點方式 25

不管原點開關訊號時 High 還是 Low，馬達的運動方式都是正方向。

馬達正向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時或正極限開關變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

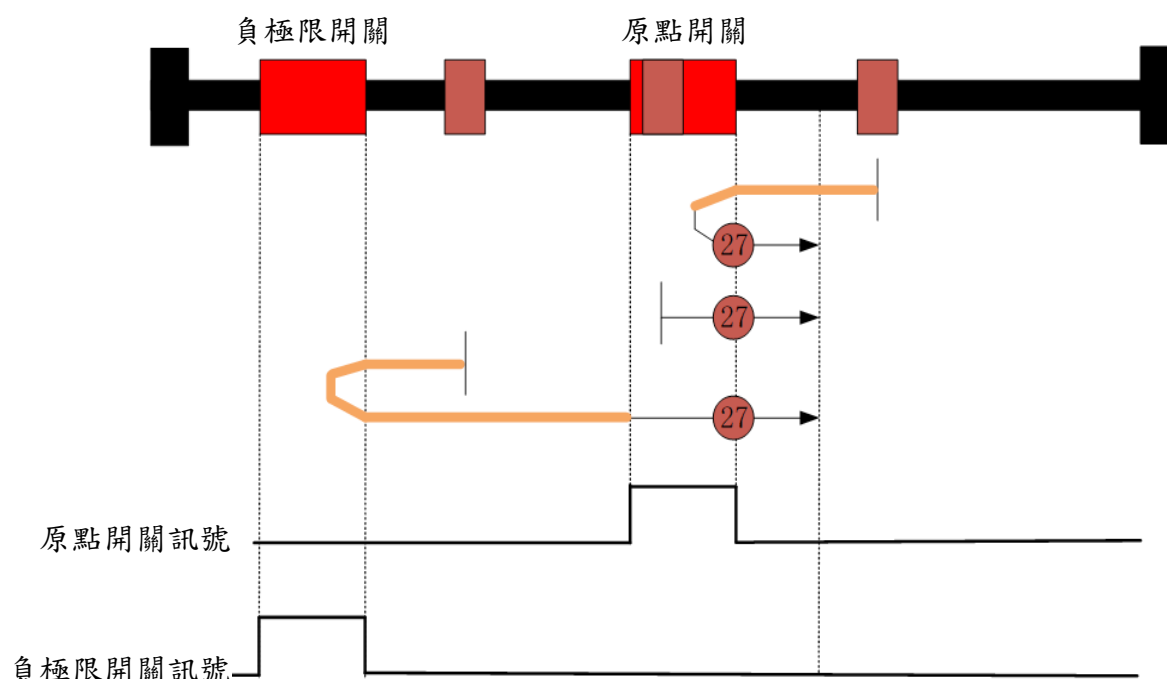
歸原點方式 26：正向原點開關的下降沿，正極限開關檢測



►圖 4-65 歸原點方式 26

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達正向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到低速（6099-02），保持正向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 正極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持負向高速運行，遇到原點開關訊號由 Low 變為 High 後，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向低速（6099-02）運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

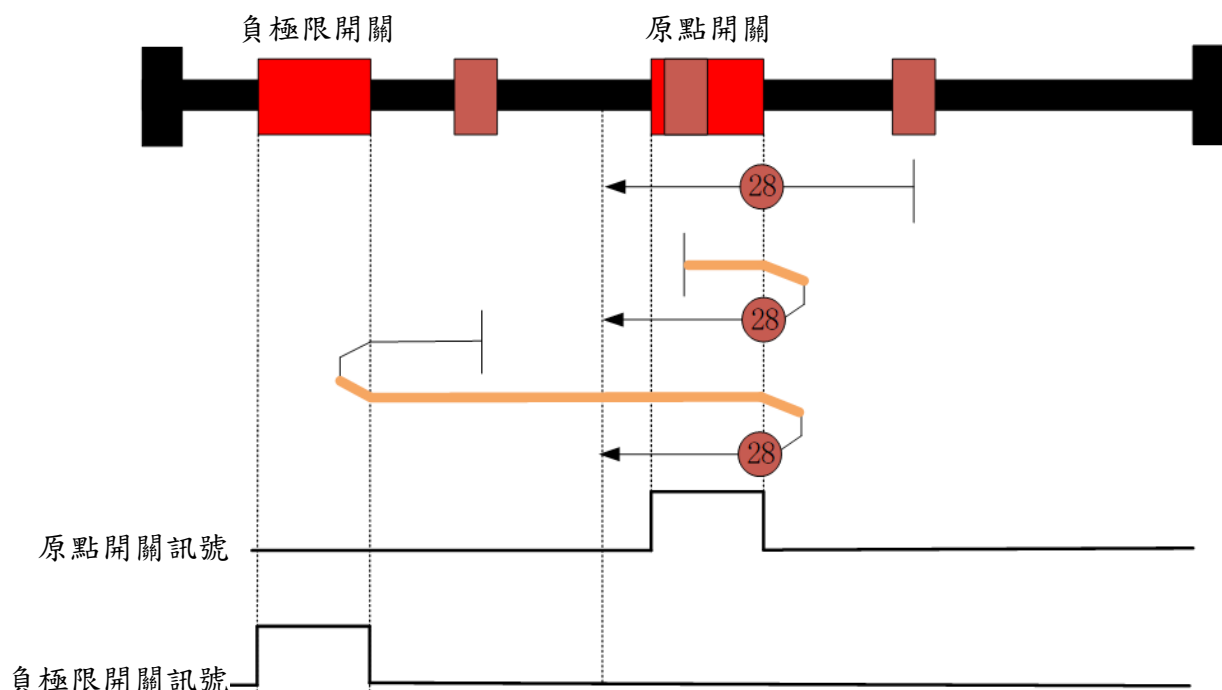
歸原點方式 27：正向原點開關的下降沿，負極限開關檢測



►圖 4-66 歸原點方式 27

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持正向高速運行，遇原點開關訊號由 Low 變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向低速（6099-02）運行，直到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

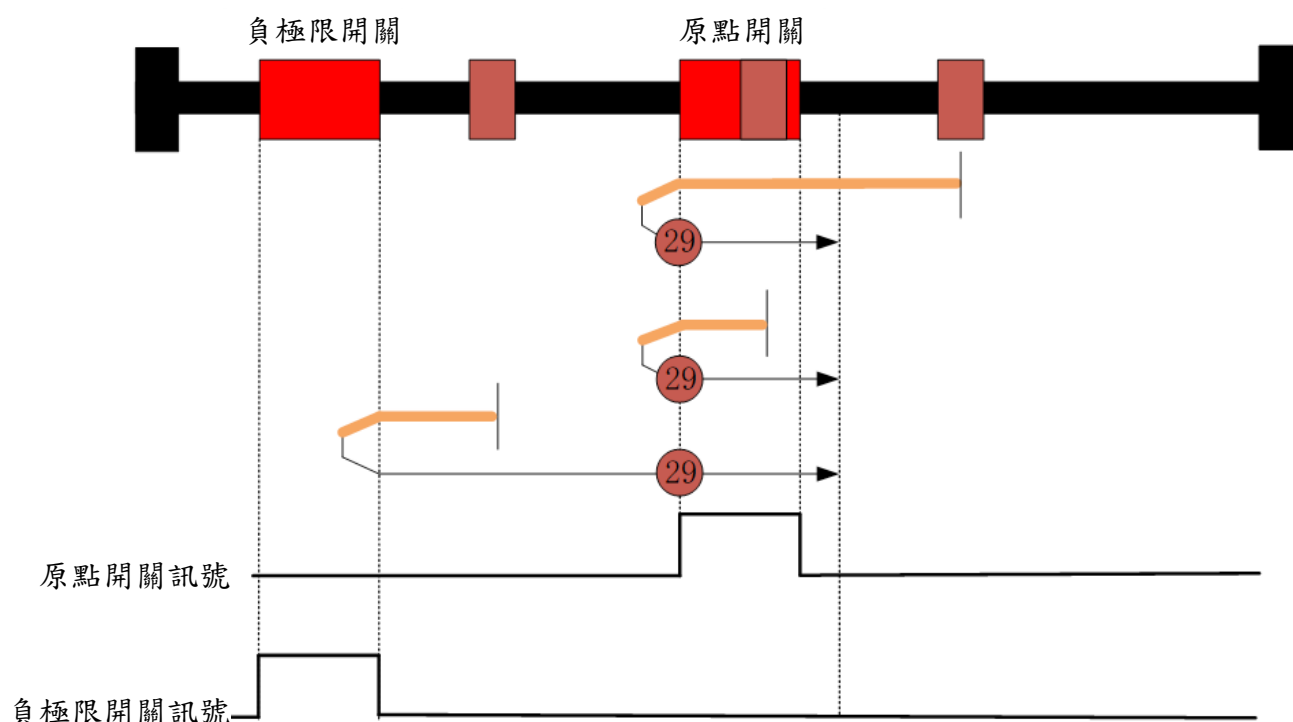
歸原點方式 28：負向原點開關的上升沿，負極限開關檢測



►圖 4-67 歸原點方式 28

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向低速（6099-02）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負向限位開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持正向高速運行，遇到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達正向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號變為 Low 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 29：正向原點開關上升沿，負極限開關檢測

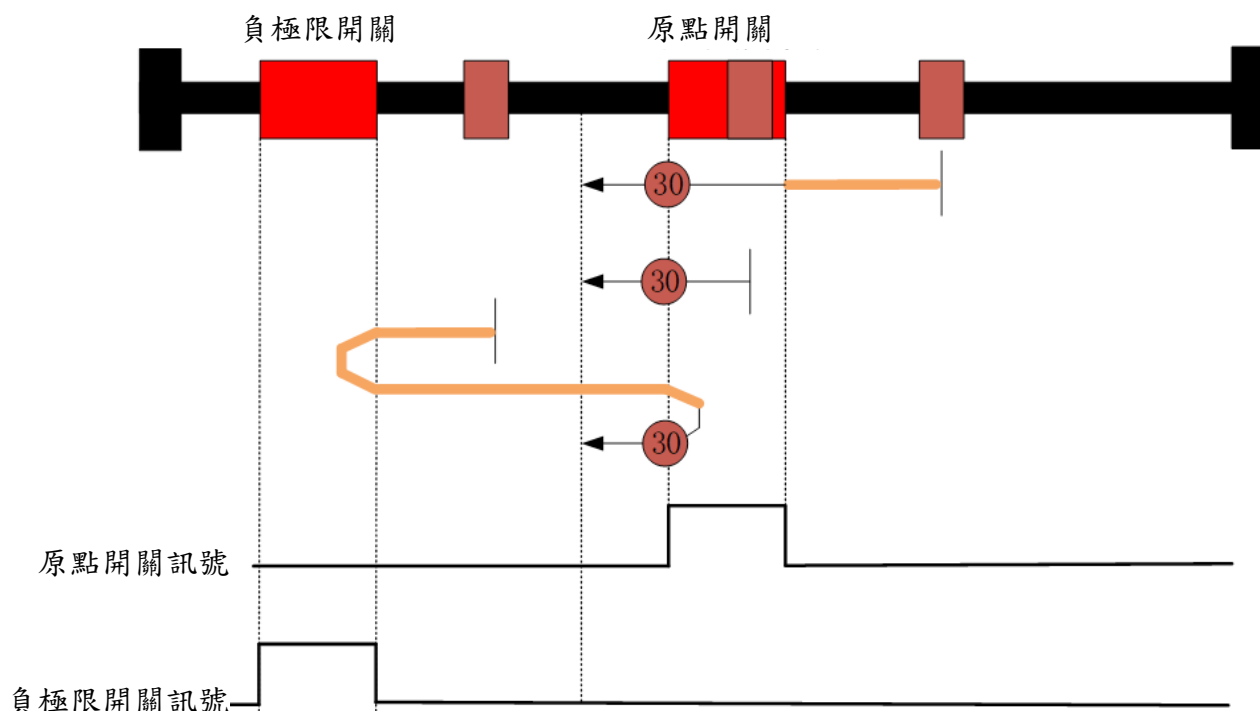


►圖 4-68 歸原點方式 29

不管原點開關訊號時 High 還是 Low，馬達的運動方式都是負方向，

馬達負向高速（6099-01）運行，遇到原點開關訊號從 High 變為 Low 或負極限變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持正向低速運行，直到原點開關訊號由 Low 變為 High 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 30：負向原點開關下降沿，負極限開關檢測



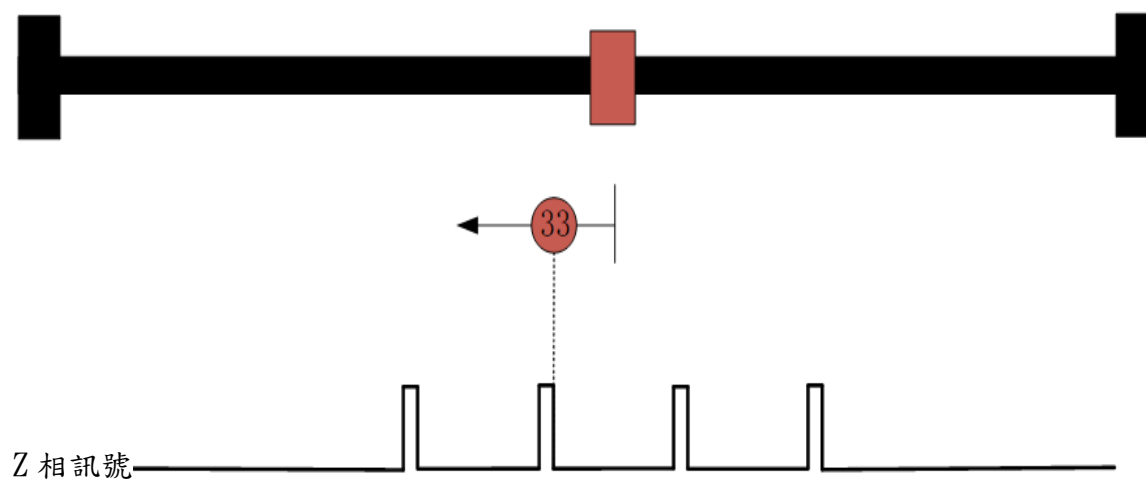
►圖 4-69 歸原點方式 30

- ① 歸原點啟動時，原點開關訊號 Low 時，馬達負向高速（6099-01）運行，
 - (1) 原點開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
 - (2) 負極限開關訊號變為 High 時，馬達以歸原點減速度（609A）減速到 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到高速（6099-01），保持正向高速運行，遇到原點開關訊號從 Low 變為 High，馬達以歸原點減速度（609A）減速到 0，反向以歸原點加速度（609A）加速到低速（6099-02），保持負向低速運行，直到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。
- ② 歸原點啟動時，原點開關訊號 High 時，馬達負向低速（6099-02）運行，直到原點開關訊號由 High 變為 Low 時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 31：保留，用於歸原點方式的拓展定義。

原點方式 32：保留，用於歸原點方式的拓展定義。

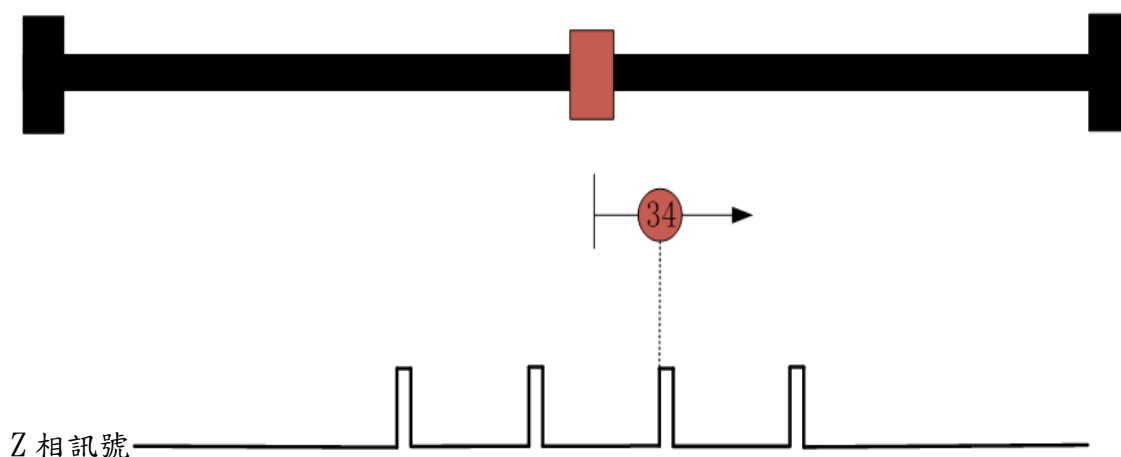
歸原點方式 33：負向移動的零位脈衝



►圖 4-70 歸原點方式 33

馬達負向低速（6099-02）運行，遇到第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

歸原點方式 34：正向移動的零位脈衝



►圖 4-71 歸原點方式 34

馬達正向低速（6099-02）運行，遇到第一個 Z 訊號時，狀態字 Homing attained 被設定為 1，開始以歸原點減速度（609A）減速，停止時狀態字 Target reached 被設定為 1。

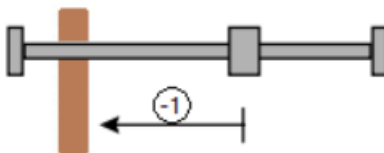
歸原點方式 35：當前位置

當前位置為原點位置。

注意：

- (1) 圖示中的數字對應相應的原點方式。相同數字為相同歸原點方式的不同表現形式。
如介紹歸原點方式 3 部分：圖示中的兩個 ③ 表示歸原點方式 3 的兩種不同形式。
- (2) 零位脈衝就是 Z 訊號。
- (3) 加粗的顏色表示歸原點高速運動。

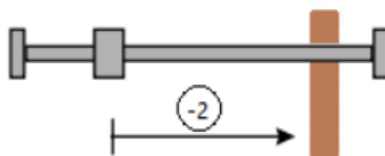
歸原點方式 -1：負向碰到擋板位置為零點



►圖 4-72

馬達先往負方向運行，碰到擋塊堵轉矩達到 0x2138 設定值，且持續 0x2137 設定的時間後停止，若未設定回退距離，則把當前位置做為零點，若設定了回退距離，馬達會回退相應距離後把當前位置做為零點。

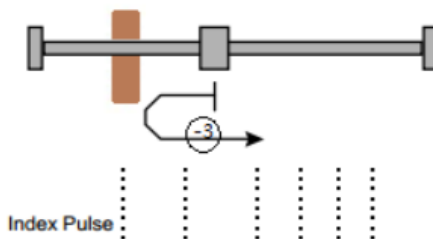
歸原點方式 -2：正向碰到擋板位置為零點



► 圖 4-73

馬達先往正方向運行，碰到擋塊堵轉轉矩達到 0x2138 設定值，且持續 0x2137 設定的時間後停止，若未設定回退距離，則把當前位置做為零點，若設定了回退距離，馬達會回退相應距離後把當前位置做為零點。

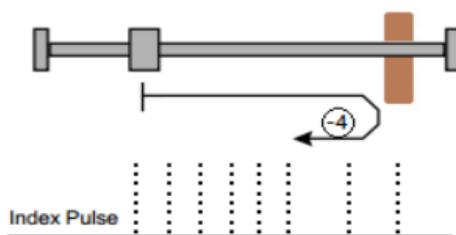
歸原點方式 -3：負方向碰到擋板反向找 C 脈衝做為零點



► 圖 4-74

馬達先往負方向運行，碰到擋塊堵轉轉矩達到 0x2138 設定值，且持續 0x2137 設定的時間後，馬達反向找 C 脈衝，遇到第一個 C 脈衝做為零點。

歸原點方式 -4：正向碰到擋板反向找 C 脈衝做為零點



► 圖 4-75

馬達先往正方向運行，碰到擋塊堵轉轉矩達到 0x2138 設定值，且持續 0x2137 設定的時間後，馬達反向找 C 脈衝，遇到第一個 C 脈衝做為零點。

4.5.4 轉矩控制模式

在右上角選擇“運動控制”，點擊“轉矩模式”，打開轉矩模式運動控制界面。



► 圖 4-76 轉矩模式運動控制界面

轉矩模式一般用於伺服充當加載使用，轉矩模式運動控制步驟如下：

- ① 配置轉矩模式運動參數。
 - 目標轉矩：馬達輸出的力矩大小。（目標轉矩單位為額定轉矩千分比）
 - 轉矩斜坡：馬達輸出力矩時的加速度。（轉矩斜坡單位為額定轉矩千分比 / 秒）
- ② 伺服驅動器激磁：點擊“激磁”，激磁成功後監視窗口會切換成“伺服激磁”狀態。
- ③ 正轉 / 反轉：正轉，控制馬達以正給定轉矩運動；反轉，控制馬達以負轉矩給定運動。

4.5.5 脈衝控制模式

(1) 驅動器外部接線說明

接線方式參考 3.3 中接線描述，脈衝功能目前可配置以下兩種模式：

- 1、A/B 相正交脈衝控制：將脈衝訊號 A/B 分別接入脈衝訊號差分輸入口；
- 2、方向 + 脈衝控制：方向訊號與 Sign 脈衝訊號連接，位置脈衝訊號與 Pulse 接口連接。
- 3、注意：驅動器差分式脈衝輸入訊號為電壓 $\pm 5V$ ，這種訊號傳輸方法有最好的抗噪聲能力，推薦優先使用該接法；

(2) 上位機配置說明

先按照普通配置方式將馬達及編碼器參數正確設置，將馬達及 PID 參數調適 ok，打開上位機，選擇“工具”，選擇“參數編輯器”，選擇“AI、脈衝控制參數”，對脈衝模式參數進行配置：

0x2023：PulseControlEnable，脈衝控制激磁；

0x2024：InputResolution，輸入分辨率，若果是旋轉馬達該值對應馬達旋轉一周；如果為直線 / 音圈馬達，該值對應一個磁極距。

0x2026：PulseControlMode，脈衝控制模式選擇 1，2，3，目前支援 1，2；

模式 1：A/B 相正交脈衝控制；模式 2：方向 + 脈衝控制

0x2023	PulseControlEnable	1
0x2024	InputResolution	1000
0x2025	PositionControlLPFFreq	0
0x2026	PluseControlMode	1

► 圖 4-77

以上參數設置完畢且在馬達調適完成之後，便可直接激磁即可接收來自脈衝輸入訊號進行位置控制。

4.5.6 類比量控制模式

驅動器支援接收類比量進行馬達的位置、速度、電流的控制，相關參數如下表格：

表 3-9

參數設置	說明
0x201B	類比量控制模式：0- 不使用，1- 位置控制，2- 速度控制，3- 電流控制，4- 位置反饋，5- 速度反饋，6- 電流反饋
0x201C	類比量輸入偏移量：根據初始 0 漂進行設定
0x201D	AI1 輸入死區：默認 0
0x201E	AI1 輸入低通濾波器截止頻率：默認 3000
0x201F	AI1 控制增益：單位：位置 -cnt/V，速度 -rpm/V，電流 -mA/V，根據具體控制量程需求設定
0x2413	AI1 類比量輸入值，單位：mv（目前默認使用該組）
0x2414	AI2 類比量輸入值，單位：mv（目前該組預留）

4.6 故障處理

如果在調適過程中，伺服驅動器發生故障報警，請按照上位機軟件顯示的故障描述、故障可能原因、故障處理方法。故障成功排查後，在工具欄裡點擊“清除警報”，系統提示無故障後方可繼續進行調適。



► 圖 4-78 故障顯示

注意：如果在調適過程中有疑問，請聯繫專業人員提供技術支援！請勿隨意修改設置參數，以免造成人員、財產安全事故！

第 5 章 故障說明

R-Servo Plus 伺服發生故障時，伺服面板上的 LED 將按節拍閃紅色。連接上位控制軟件工具後，在故障處理界面將顯示基於 CiA402 標準的故障代碼。

伺服報警時，請參考下表所示內容對伺服進行檢查，並按照對應處理方法解決伺服故障。

表 5-1 故障說明

故障代碼	故障描述	故障原因	處理方法
0x2230	母線過流	1. 直流母線電壓過高 2. 外圍有短路現象 3. 編碼器故障 4. 伺服內部器件損壞	1. 檢查電網電壓是否過高；檢查是否大慣性負載無能耗制動快速停機； 2. 檢查伺服動力輸出接線是否短路，對地是否短路，制動電阻是否短路； 3. 檢查編碼器是否損壞，接線是否正確；檢查編碼器線纜屏蔽層是否接地良好，線纜附近是否有強干擾源
0x2310	U 相過流	1. 驅動器 U 相輸出短路； 2. 負載過大； 3. 電纜絕緣損壞； 4. 馬達絕緣不良； 5. 驅動器 U 相電流檢測電路故障；	1. 檢查 U 相接線； 2. 降低負載； 3. 檢查 U 相電纜，必要時更換； 4. 測量馬達絕緣，必要時維修更換； 5. 維修或更換驅動器；
0x2311	V 相過流	1. 驅動器 V 相輸出短路； 2. 負載過大； 3. 電纜絕緣損壞； 4. 馬達絕緣不良； 5. 驅動器 V 相電流檢測電路故障；	1. 檢查 V 相接線； 2. 降低負載； 3. 檢查 V 相電纜，必要時更換； 4. 測量馬達絕緣，必要時維修更換； 5. 維修或更換驅動器；
0x2320	硬件短路	1. 直流母線電壓過高 2. 外圍有短路現象 3. 編碼器故障 4. 伺服內部器件損壞	1. 檢查電網電壓是否過高；檢查是否大慣性負載無能耗制動快速停機； 2. 檢查伺服動力輸出接線是否短路，對地是否短路，制動電阻是否短路； 3. 檢查編碼器是否損壞，接線是否正確；檢查編碼器線纜屏蔽層是否接地良好，線纜附近是否有強干擾源
0x3220	伺服欠壓	1. 電源電路輸入電壓過低； 2. 直流母線絕緣不良； 3. 負載過大； 4. 驅動器線纜絕緣不良； 5. 驅動器直流母線欠壓檢測電路損壞； 6. 基本電源模塊損壞；	1. 檢查電源電路； 2. 檢查直流母線絕緣； 3. 降低負載 4. 檢查驅動器線纜； 5. 維修或更換驅動器； 6. 維修或更換基本電源模塊；
0x3210	伺服過壓	1. 制動回路容量不足 2. 制動電阻容量不足 3. 基本電源模塊故障	1. 降低啓停頻率；增加加 / 減速時間常數；減小負載慣量；加大驅動器和馬達容量； 2. 加大制動電阻功率； 3. 維修或更換基本電源模塊；

故障代碼	故障描述	故障原因	處理方法
0x4110	環境過溫	1. 環境溫度過高 2. 散熱系統異常 3. 溫度檢測電路故障	1. 降低環境溫度，加強通風散熱 2. 檢查散熱風扇轉速和風量是否正常，如異常需要更換同型號風扇； 3. 檢查伺服散熱通道是否被異物阻塞
0x4120	環境溫度過低	1. 環境溫度過低 2. 溫度檢測電路故障	1. 檢查環境溫度，是否過低； 2. 檢查是否環境溫度最小值參數設置錯誤
0x4310	功率模塊過溫	1. 環境溫度過高 2. 散熱系統異常 3. 溫度檢測電路故障	1. 降低環境溫度，加強通風散熱 2. 檢查散熱風扇轉速和風量是否正常，如異常需要更換同型號風扇； 3. 檢查伺服散熱通道是否被異物阻塞
0x8482	超過最大轉速	1. 馬達失控 2. 編碼器參數有誤 3. 編碼器故障 4. 指令給定錯誤 5. 負載突變	1. 檢查馬達動力線纜相序是否正確 2. 檢查編碼器參數設置 3. 檢查編碼器是否損壞，接線是否正確；檢查編碼器線纜屏蔽層是否接地良好，線纜附近是否有強干擾源 4. 檢查位置 / 速度 / 轉矩指令給定 5. 檢查負載是否突變及突變原因 6. 重新矯正相位零點 7. 調整 PID 參數
0x8483	速度追隨誤差過大	1. 編碼器接線錯誤或連接器接觸不良； 2. 增益不匹配； 3. 外部負載波動或干擾過大	1. 檢查編碼器接線； 2. 重新調整伺服增益； 3. 增加抗干擾措施；
0x8611	位置偏差過大	1. 編碼器接線錯誤或連接器接觸不良； 2. 增益不匹配； 3. 外部負載波動或干擾過大	1. 檢查編碼器接線； 2. 重新調整伺服增益； 3. 增加抗干擾措施；
0x7380	編碼器連接錯誤	1. 編碼器參數有誤 2. 編碼器線纜故障 3. 編碼器線纜未連接 4. 伺服內部器件損壞	1. 檢查編碼器參數設置 2. 檢查編碼器線纜線序是否正確 3. 連接編碼器線纜
0x7383	編碼器多圈信息錯誤	編碼器內部錯誤	伺服斷電重啓，如故障無法清除需更換編碼器
0x7385	編碼器計數錯誤	編碼器內部錯誤	伺服斷電重啓，如故障無法清除需更換編碼器
0x7389	編碼器計數溢出錯誤	編碼器內部錯誤	對編碼器多圈值清零。伺服斷電重啓，如故障無法清除需更換編碼器
0x738A	編碼器通信 CRC 錯誤	1. 編碼器參數有誤 2. 編碼器線纜故障	1. 檢查編碼器參數設置 2. 檢查編碼器是否損壞，接線是否正確；檢查編碼器線纜屏蔽層是否接地良好，線纜附近是否有強干擾源

故障代碼	故障描述	故障原因	處理方法
0x738B	編碼器 Delimiter 錯誤	編碼器內部錯誤	伺服斷電重啓，如故障無法清除需更換編碼器
0x3221	PWM 驅 動 異常	PWM 驅動 +15V 欠壓	檢查控制電源 +24V 是否連接正常
0x8612	超出位置 極限	位置給定或實際位置超 出位置極限	1. 檢查極限位置的設定 2. 檢查給定位置的設定 3. 檢查極限開關是否被觸發
0x7384	編碼器過 溫	編碼器工作溫度超過 95°C	1. 待馬達冷卻後再次測試； 2. 改進散熱條件，檢測馬達運行時是否發熱過 大； 3. 編碼器故障內部
0x6280	輪廓值設 定錯誤	輪廓軌迹的設定值中有 零值，使軌迹規劃不成 功	1. 檢查設定的速度不能爲零； 2. 檢查設定的加速度不能爲零
0x6281	終止速度 設定錯誤	終止速度大於輪廓速度， 使軌迹規劃不成功	1. 設定的終止速度必須小於等於輪廓速度
0x6282	終止速度 設定錯誤	目標位置太靠近當前位 置，以至於到達不了終 止速度	1. 檢查設定的終止速度是否過大
0x6283	軟件限位 設置錯誤	當軟件限位最小值或最 大值設置不爲 0 時，最 小值大於等於最大值； 或超過位置範圍。	1. 當軟件限位最小值或最大值設置不爲 0 時，最 小值必須小於最大值 2. 檢查最大值是否設置過大。 3. 檢查最小值是否設置過小。
0x6284	位置範圍 限制設置 錯誤	當位置範圍最小值或最 大值設置不爲 0 時，最 小值大於等於最大值	1. 當位置範圍最小值或最大值設置不爲 0 時，最 小值必須小於最大值
0x6285	規劃曲線 類型設定 錯誤	不支援設定的規劃曲線 類型	1. 設置曲線規劃類型爲 0 (Linear ramp)
0x6286	規劃曲線 類型設定 錯誤	不支援設定的規劃曲線 類型	1. 設置曲線規劃類型爲 0 (Linear ramp) 或者 3 (Jerk-limited ramp)
0x6287	扭矩規劃 曲線類型 設定錯誤	不支援設定的扭矩規劃 曲線類型	1. 設置扭矩曲線規劃類型爲 0 (Linear ramp)
0x6288	歸原點模 式設置錯 誤	極限開關被意外觸發	1. 設置一個合適的歸原點方法後重新開始歸原點 過程
0x6289	歸原點模 式設置錯 誤	不支援設定的歸原點模 式	1. 設置一個合適的歸原點方法後重新開始歸原點 過程
0x628B	歸原點過 程超時	歸原點過程未找到零點	1. 查看下極限開關或原點開關是否正常； 2. 設置一個合適的歸原點方法

故障代碼	故障描述	故障原因	處理方法
0x628C	規劃 Jerk-limited ramp 時 初始速度不為零	當規劃曲線類型為 Jerk-limited ramp 時，初始速度不為零	1. 必須當馬達靜止時，才允許啟動 Jerk-limited ramp 的曲線規劃
0x6180	規劃曲線執行時間小於 0	位置、速度、或加減速度設置有誤	重新設置位置、速度、加減速度
0x6181	設置停止速度大於初始速度	停止速度設置不為 0	停止速度設置為 0
0x6182	多點持續運動未設定位置、速度、加減速度值	多點運動無目標位置、速度、加減速度等	重新設置目標位置、速度、加減速度
0x6184	歸原點方式內部狀態轉換錯誤 (0x6184)	歸原點內部狀態跳轉異常 (0x6184)	重新執行歸原點動作 (0x6184)
0x7124	馬達過溫	馬達溫度由外部溫度傳感器檢測後通過 DI 口接入伺服，溫度上限閾值由外部溫度傳感器決定。	1. 負載過大 2. 缺相 3. 馬達機械原因，包括潤滑油脂缺少，軸承與端蓋裝配不當，內孔偏心等。
0x3130	缺相錯誤	UVW 相有斷路	檢查 UVW 相接線
0x8700	同步錯誤	總線同步錯誤	重啟伺服
0x738C	霍爾錯誤	霍爾訊號有斷路	檢查霍爾接線
0x6551	目標速度值設置錯誤	位置控制時目標速度設置值為 0	檢查 0x6081 設置值，確保不能為 0
0x6552	位置速度控制時，加減速設定錯誤	加減速設定值中有 0 值時軌迹規劃不成功	加減速設定值確保不能為 0
0x6553	位置軌迹規劃周期值設定錯誤	位置軌迹規劃周期值設定值為 0	檢查設定的周期值不能為 0
0x7320	Z 脈衝重複定位位置錯誤	相鄰 Z 脈衝重複定位差值超過 0x2001 Z 脈衝位置定位錯誤閾值	檢查光柵尺安裝或者精度 檢查 Z 脈衝定位偏差設定

故障代碼	故障描述	故障原因	處理方法
0x8620	激磁自動校準失敗	上電激磁自動校準未成功	1. 檢查運動控制模式是否為 0 2. 檢查設備是否有卡住，摩擦阻力增大或者負載異常等問題 3. 檢查三相接線是否有斷路或者短路問題 4. 檢查參數 0x2105 和 0x2402 是否大小合適 5. 檢查三相 UVW 接線相序和參數 0x2002 是否正確 6. 檢查編碼器接線是否正常
0x6542	位置模式規劃的減速度或者快停減速度為 0	位置模式規劃的減速度或者快停減速度為 0	檢查減速度或者快停減速度值，確保不能為 0
0x6572	速度模式規劃的減速度或者快停減速度為 0	速度模式規劃的減速度或者快停減速度為 0	檢查減速度或者快停減速度值，確保不能為 0
0x9100	DI 外部設定輸入報警	DI 外部設定輸入條件出發導致報警	檢查外部輸入設定條件滿足情況
0x8900	I2T 保護告警	超過 I2T 設置閾值	調整限幅保護峰值電流 調整限幅保護峰值電流持續時間 注：0x2017 bit1 被設定為 1 時報警生效
0x8901	未校準激磁運行告警	沒有執行角度辨識就激磁運行	增量未接 hall 需角度辨識後在進行激磁運行動作
0xB010	角度辨識時位置反饋抖動	編碼器接線有問題 負載異常或者外界擾動	檢查編碼器接線 檢查負載或者外界擾動因素
0xB020	角度辨識時轉子不動作	電流等參數設置有問題 負載過大，機械卡住，接線不對等問題	設置適當的參數值 檢查設備、負載、接線是否正確
0xB030	角度辨識動作過大	電流參數設置過大 設備、負載、接線（相序）等問題	設置適當的參數值 檢查設備、負載、接線（相序）是否正確
0xB040	角度辨識超時	軟件異常	檢查上位機軟件，M3 和 C28 是否正確 檢查各參數配置是否正確 檢查設備、負載、接線是否正確
0xB102	相序檢測時馬達幾乎沒有轉動	編碼器接線有問題 負載或摩擦力過大 電流環配置有問題 換向電流比 1 參數過小	檢查編碼器接線 增大換向電流比 1
0xB104	霍爾狀態反饋異常	霍爾傳感器接線錯誤 霍爾模式選擇錯誤	檢查霍爾傳感器接線 檢查霍爾模式參數 0x2103 是否應為 0

第 6 章 調適軟件 R-SERVO Application Studio I

R-SERVO Application Studio I (簡稱 R-SERVO) 是本公司自主研發的一款伺服調適軟件，通過 USB 串口通訊，用戶可在 PC 上實現伺服參數配置與修改、控制器參數調適、運動控制、系統狀態實時監控、故障診斷及錯誤日誌、後期升級維護等功能，以下僅介紹軟件下載安裝相關說明。

6.1 軟件下載

6.1.1 系統需求

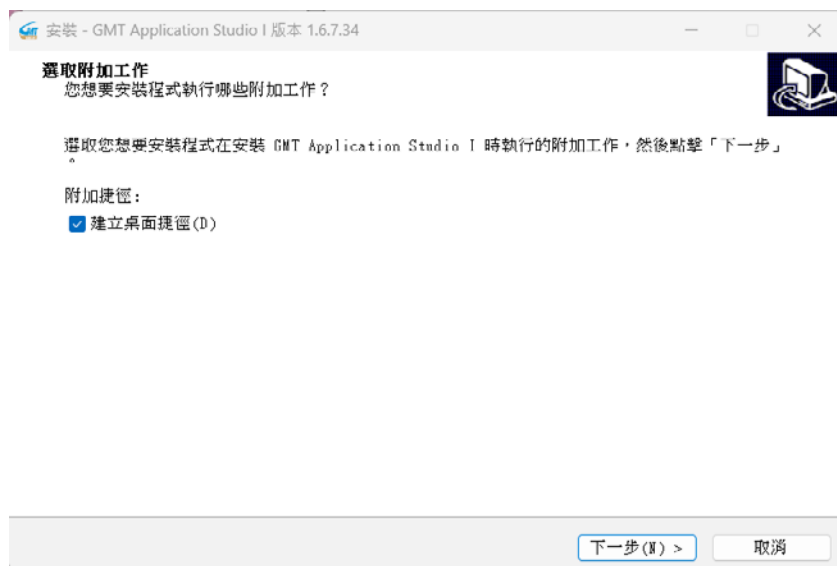
安裝和運行 R-SERVO Application Studio I 的系統環境要求：

- 內存：1 GB 以上（如果在虛擬機上運行，則為 1.5 GB 以上）
- 顯示器：800x600 以上
- 系統類型：32 位或 64 位 Windows7/Windows8/Windows10
- 處理器：1.6GHZ 以上

6.1.2 軟件安裝

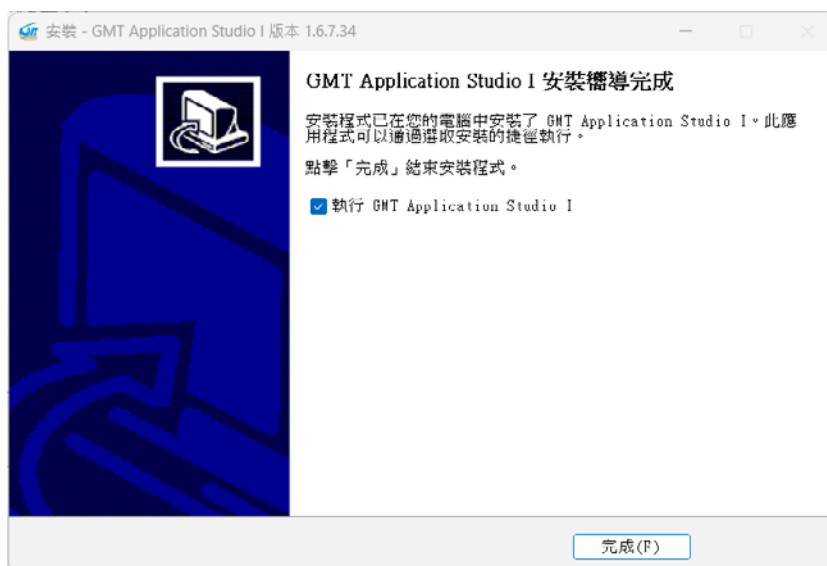
R-SERVO Application Studio I 安裝過程如下：

- ① 從官網上下載程序安裝包。
- ② 雙擊後 .exe 應用程序文件，打開 R-SERVO Application Studio I 準備安裝界面，等待壓完成後，彈出安裝引到安裝畫面。



► 圖 6-1 安裝 R-SERVO Application Studio I

⑤ 安裝完成後顯示安裝完成。



▶ 圖 6-2 安裝完成

⑥ 勾執行後會，單擊“完成”後，軟件自動打開。

6.1.3 驅動安裝

首次使用 USB 通訊時，需要安裝 USB 驅動（Windows10 系統在連接上 USB 數據線後會自動安裝驅動）。下以 Windows7 系統為例，介紹驅動安裝過程：

1. 使用 USB 數據線連接上位機和伺服驅動器，若顯示未能自動安裝驅動。
2. 單擊“管理”，打開裝置管理員
3. 選擇“設備管理器”，在“其他設備”中找到未識別的設備 Virtual COM Port。
4. 右鍵單擊 Virtual COM Port，選擇“更新驅動程序軟件”。
5. 選擇“瀏覽計算機以查找驅動程序軟件”。
6. 點擊“瀏覽”，在 R-SERVO 安裝目錄下找到並選中驅動文件夾 windows_drivers。

默認路徑："C:\Program Files (x86)\ISMC Application Studio I\Files\windows_drivers"。

進行安裝，在彈出的警告窗口中，選擇“安裝此驅動程序軟件”。

6.2 韌體升級

用戶可以通過上位機控制軟件，燒錄和升級伺服裡的 M3 和 C28 文件，升級過程如下：

① 選擇主選單中的“設置”，點擊“固件升級”，打開韌體升級界面。

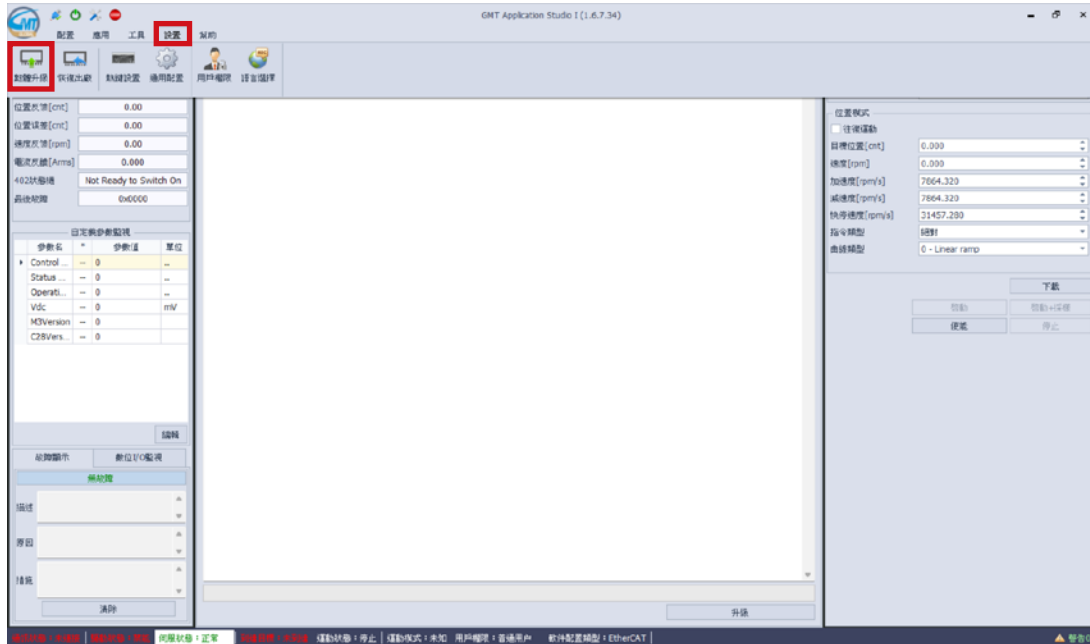


圖 6-3

② 點擊“選擇文件”，打開文件夾，選擇要升級的 M3 或者 C28 文件。

③ 點擊“升級”，開始升級程序，升級成功後上位機軟件和伺服都會重新啟動。重新連接後重複以上步驟升級下一個程序，韌體升級完成。

注意：

- i. 如需韌體升級，請聯繫伺服技術人員。
- ii. 升級時需要伺服 DC+ \ DC- 供電，建議 24V 供電。
- iii. 升級的文件名稱爲固定格式爲 C28-APP.bin 和 M3-APP.bin；
- iv. 首次先刷 M3-APP.bin，後刷 C28-APP.bin。

第 7 章 通信說明

R-SERVO 伺服驅動器支援 CANopen 和 EtherCAT 兩種通信方式，本章節分別介紹這兩種通信方式的原理、使用方法及案例。詳細可分別參考《R-SERVO 伺服驅動器 CANopen 應用手冊》及《R-SERVO 伺服驅動器 EtherCAT 應用手冊》

7.1 CANopen 通信

7.1.1 CANopen 協議

CANopen 是一個基於 CAN 串行總線網絡傳輸系統的應用層協議，遵循 ISO/OSI 標準模型。通訊網絡中不同的設備通過對象字典來相互交換數據，其中，主節點可以通過過程數據對象（PDO）或者服務數據對象（SDO）來獲取或者修改其它節點對象字典列表中的數據。

對象字典

對象字典是一組參數和變量的有序集合，包含了設備描述及設備網絡狀態的所有參數。通過網絡可以採用有序的預定義的方式來訪問一組對象。

CANopen 協議採用了帶有 16 位索引和 8 位子索引的對象字典，對象字典的結構。

表 7-1 對象字典結構

索引	對象
0x0001-0x0FFF	數據類型定義
0x1000-0x1029	通訊參數對象（如 CiA-301 協議參數）
0x1200-0x12FF	SDO 參數對象
0x1400-0x15FF	RPDO 參數對象
0x1600-0x17FF	RPDO 參數映射
0x1800-0x19FF	TPDO 參數對象
0x1A00-0x1BFF	TPDO 參數映射
0x1C00-0x1FFF	其他通訊參數
0x2000-0x5FFF	製造商特定子協議參數對象
0x6000-0x9FFF	標準設備子協議參數對象（如 DSP-402 協議參數）
0xA000-0xFFFF	保留

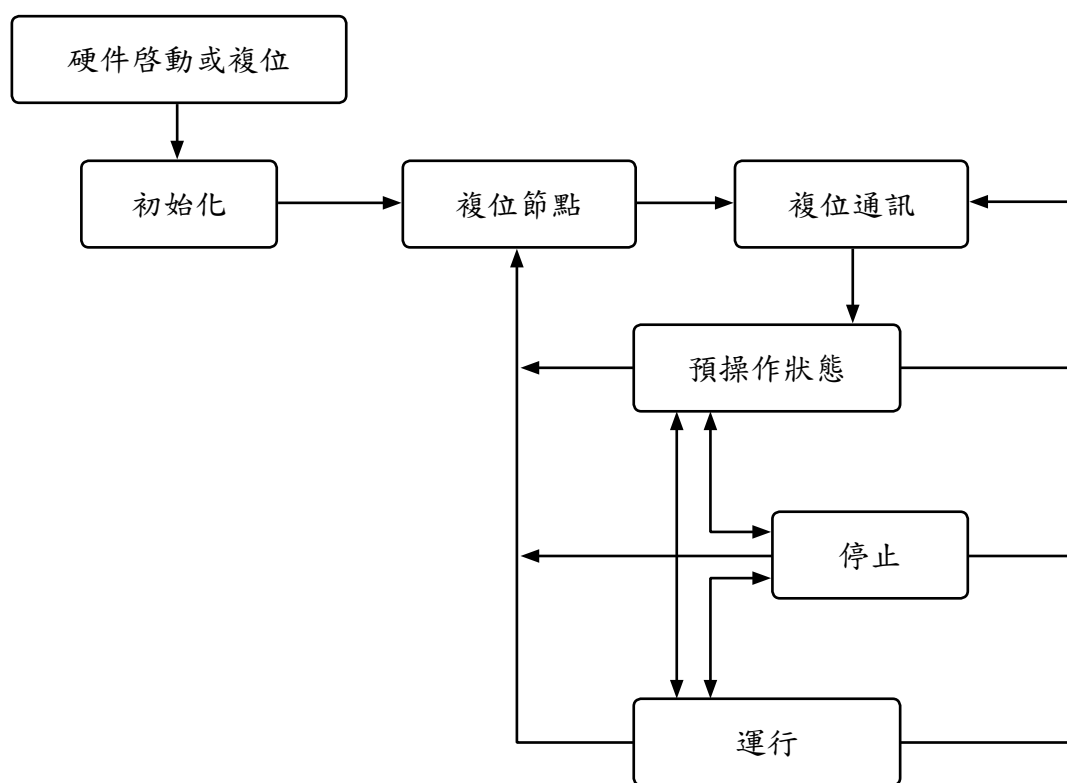
CANopen 通訊對象

網絡管理系統（NMT）

網絡管理系統（NMT）負責初始化、啟動及停止網絡和網絡中的設備，屬主從系統。CANopen 網絡中有且只有一個 NMT 主機，可配置包括本身在內的 CANopen 網絡。網絡管理對象包括 Boot-up 消息，Heartbeat 協議及 NMT 消息，基於主從通信模式，NMT 用於管理和監控網絡中的各個節點，主要實現三種功能：節點狀態控制、錯誤控制和節點啟動。

① NMT 服務

CANopen 按照協議規定的狀態機執行相應工作。其中，部分為內部自動轉換，部分必須由 NMT 主機發送 NMT 報文實現轉換，狀態機轉換具體。



► 圖 7-1 NMT 狀態機執行圖

上圖中部分轉換由 NMT 報文實現，且只有 NMT 主機能夠發送 NMT 控制報文。

表 7-2 NMT 報文格式

COB—ID	RTR	Data/ 字節	
		0	1
0x000	0	命令字	Node_ID

NMT 報文的 COB-ID 固定是“0X000”。

數據區由兩個字節組成：第一個字節是命令字，表面該幀的控制作用；第二個字節是 CANopen 節點地址，當其為“0”時為廣播消息，網絡中所有從站設備均有效。

表 7-3 NMT 報文命令字

命令字	跳轉狀態	說明
0X01	預操作→運行	啟動遠程節點指令
0X02	運行 / 預操作→停止	停止遠程節點指令
0X80	運行→預操作	進入預操作狀態指令
0X81	運行→復位節點	復位節點指令
0X82	運行→復位通信	復位通信指令

設備上電後會自動進入初始化狀態，包括正在初始化、復位節點和復位通信。正在初始化將各個模塊的參數加載，而復位節點將對象字典製造商定義去和子協議區恢復到上次保存值，復位通信將對象字典中通信參數恢復到上次保存值。

而後設備發送 Boot-up，自動進入預操作狀態，此狀態為主要的配置節點狀態。完成配置後，節點需要 NMT 主機發送 NMT 報文進入操作狀態。操作狀態是 CANopen 正常工作時的狀態，各個模塊都應正常工作。

當 NMT 主機發送停止節點報文時，設備進入停止狀態，CANopen 通信只有 NMT 模塊正常工作。各種 NMT 狀態下支援的 CANopen 服務。

表 7-4 各種 NMT 狀態支援的服務

服務	預操作	操作	停止
過程數據對象 (PDO)	否	是	否
服務數據對象 (SDO)	是	是	否
同步對象 (SYNC)	是	是	否
緊急報文 (EMCY)	是	是	否
網絡管理系統 (NMT)	是	是	是
錯誤控制	是	是	是

② NMT 錯誤控制

NMT 錯誤控制主要用於檢測網絡中的設備是否在線和設備所處的狀態，包括節點保護、壽命保護和心跳。

(1) 節點 / 壽命保護

節點保護是 NMT 主機通過遠程幀，周期地查詢 NMT 從機的狀態；壽命保護則是從站通過收到的用於監視從站的遠程幀間隔來監視主站的狀態。節點保護遵循的是主從模型，每個遠程幀都必須得到應答。

與節點 / 壽命保護相關的對象保護時間 100Ch 和壽命因子 100Dh。100Ch 的值是正常情況下節點保護遠程幀間隔，單位是 ms，100Ch 和 100Dh 的乘積決定了主機查詢的最遲時間。正常情況下，節點保護都是可以實現的。當節點 100Ch 和 100D 都為非零，且接收到一幀節點保護請求幀時，激活壽命保護。

主站每隔 100Ch 時間發送節點保護遠程幀從站必須做出應答，否則認為從站掉站；從站 100Ch X 100Dh 時間內未接收到節點保護遠程幀，則認為主站掉站。
主節點發送遠程幀。

表 7-5 節點保護遠程幀

COB-ID	RTR
0x700+Node_ID	1

NMT 從節點返回的應答報文為一個字節的狀態字。

表 7-6 節點保護應答報文

COB-ID	RTR	Data
0x700+Node_ID	0	狀態字

其中狀態字 8 個 bit 內容。

表 7-7 應答報文狀態說明

數據位	說明
bit7	必須在每次中交替置“0”或“1”
Bit6~bit0	4- 停止狀態 5- 操作狀態 127- 預操作狀態

(2) 心跳

心跳模式採用的是生產者——消費者模型。CANopen 設備可根據生產者心跳間隔對象 1017h 設置的周期來發送心跳報文，單位為 ms。網絡中具有消費者心跳功能的節點，根據對象 1016h 設置的消費者時間監視該生產者，一旦在心跳時間範圍內消費者未接收到相應節點的心跳，則認為該節點出現故障。

配置生產者心跳時間間隔 1017h 後，節點心跳功能激活，開始產生心跳報文。配置消費者心跳 1016h 的有效子索引後，接收到相應節點發出一幀心跳即開始監視。

主機按其生產者時間發送心跳報文，監視主機的主機在 1016h 子索引時間內，未接收到心跳報文，則認為主機掉站。從機每隔 1017h 發送心跳報文，監視從機的主機，在消費者時間內未接收到心跳報文，則認為該從機掉站。

心跳報文格式如下表所示，數據段只有一個字節，最高位固定為 0，其他與節點保護應答報文一致。

表 7-8 心跳報文格式

COB-ID	RTR	Data
0x700+Node_ID	0	狀態字

服務數據對象 (SDO)

包括接收 SDO——SDO(Rx) 和發送 SDO——SDO(Tx)。通過使用索引和子索引，SDO 使客戶機能夠訪問設備對象字典中的項。SDO 通過 CAL 中多元域的 CMS 對象來實現，允許傳送任何長度的數據，當數據超過 4 個字節時分拆成幾個報文。協議是確認服務類型，為每個消息生成一個應答。SDO 請求和應答報文總是包含 8 個字節。

(1) SDO 傳輸框架

SDO 傳輸方式遵循客戶端——服務器模式，即一應一答方式。由 CAN 總線網絡中的 SDO 客戶端發起，SDO 服務器作出應答。因此，SDO 之間的數據交換至少需要兩個 CAN 報文才能實現。

(2) SDO 傳輸報文

SDO 的傳輸分為不高於 4 個字節（SDO 加速傳輸）和高於 4 個字節（SDO 分段傳輸）的對象數據傳輸。

SDO 傳輸報文由 COB-ID 和數據段組成，如下表 7-9 所示。

表 7-9 SDO 格式

COB-ID	Data							
580h+Node_ID/ 600h+Node_ID	0	1	2	3	4	5	6	7
	命令代碼	索引		子索引	數據			

其中，命令代碼指明了該段 SDO 的傳輸類型和傳輸數據長度，索引和子索引是對象在列表的位置，數據是該對象的值。

SDO 加速寫傳輸報文

對於不高於 4 個字節的讀寫，採用加速 SDO 傳輸。按照讀寫方式及內容數據長度的不同，傳輸報文各異，報文內容如下表 7-10 所示。

表 7-10 SDO 加速寫傳輸結構

傳輸		COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
客戶端		600h+Node_ID	23h	索引	子索引	數據				
			27h			數據			—	
			2bh			數據		—		—
			2fh			數據	—	—	—	—
服務器	正常	580h+Node_ID	60h	索引	子索引	—	—	—	—	—
	異常		80h			中止代碼				

“—” 表示有數據但不予考慮，寫數據時建議寫 0，下同。

舉例：

從站站號為 2，用 SDO 寫速度模式下運行速度值 60FFh-00，寫入數值為 1000，即 0x3E8，主站發送報文如下。（所有均為 16 進制）

表 7-11 舉例主站發送報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
602	23	FF	60	00	E8	03	00	00

表 7-12 舉例從站驅動器返回報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
582	60	FF	60	00	00	00	00	00

若寫入數據類型不匹配，則返回故障代碼 0x06070010，報文如下：

表 7-13 舉例寫入數據類型不匹配返回報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
582	80	FF	60	00	10	00	07	06

SDO 加速讀傳輸報文

SDO 讀操作不高於 4 個字節的對象報文時，採用加速方式。加速 SDO 讀報文如下表 7-14。

表 7-14 SDO 加速讀傳輸結構

傳輸		COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
客戶端		600h+Node_ID	40h	索引		子索引	-	-	-	-
服務器	正常	580h+Node_ID	43h	索引	子索引	數據				-
			47h			數據			-	
			4bh			數據		-	-	-
			4fh			數據	-	-	-	-
	異常		80h			中止代碼				

舉例：

從站站號為 2，用 SDO 讀速度模式下運行控制模式顯示值 6061h-00，速度模式下值為 3，即 0x03，主站發送報文如下。（所有均為 16 進制）

表 7-15 舉例主站發送報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
602	40	61	60	00	00	00	00	00

表 7-16 舉例從站驅動器返回報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
582	4f	61	60	00	03	00	00	00

若寫入命令字不匹配，返回無效命令字錯誤，故障代碼 0x05040001，報文如下：

表 7-17 舉例寫入命令字不匹配返回報文

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
582	80	61	60	00	01	00	04	05

SDO 分段讀傳輸報文

對於大於 4 個字節的對象，需要採用分段讀操作來執行。分段傳輸報文與加速傳輸報文類似，起始發送幀與加速傳輸保持一致。

表 7-18 起始傳輸報文結構

傳輸	COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
客戶端	600h+Node_ID	40h	索引		子索引	-	-	-	-
服務器	正常 異常	580h+Node_ID	41h	索引	子索引	數據長度			
			80h			中止代碼			

傳輸過程由命令代碼的觸發位（bit6）交互發送 0 和 1。過程報文結構。

表 7-19 過程報文結構

傳輸	COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
客戶端	600h+Node_ID	60h	-	-	-	-	-	-	-
服務器	正常 異常	580h+Node_ID	00h	數據長度					
			80h	索引		子索引	中止代碼		
客戶端	600h+Node_ID	70h	-	-	-	-	-	-	-
服務器	正常 異常	580h+Node_ID	10h	數據長度					
				索引		子索引	中止代碼		

分段傳輸的末尾幀應答包含有末尾幀標記及末尾幀的有效數據長度，其傳輸報文結構。

表 7-20 SDO 末尾報文結構

傳輸	COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
客戶端	600h+Node_ID	60h/0X70h	索引		子索引	-	-	-	-
服務器	正常	580h+Node_ID	01h/11h	數據					
			03h/13h	數據					-
			05h/15h	數據				-	-
			07h/17h	數據			-	-	-
			09h/19h	數據		-	-	-	-
			0Bh/1Bh	數據	-	-	-	-	-
			0Dh/1Dh	數據	-	-	-	-	-
	異常		80h	索引		子索引	-	-	-

過程數據對象 (PDO)

包括接收 PDO(RPDO) 和發送 PDO(TPDO)。用來傳輸實時數據，是 CANopen 中最主要的數據傳輸方式。數據從一個創建者傳到一個或多個接收者。由於 PDO 的傳輸不需要應答，且 PDO 的長度可以小於 8 個字節，因此傳輸速度快。每個 CANopen 設備包含 8 個缺省的 PDO 通道，4 個發送 PDO 通道和 4 個接收 PDO 通道。PDO 包含同步和異步兩種傳輸方式，由該 PDO 對應的通信參數決定。PDO 消息的內容是預定義的，由該 PDO 對應的映射參數決定。

(1)PDO 對象

按照接收和發送的不同，PDO 可分為 RPDO 和 TPDO。PDO 由通信參數和映射參數共同決定最終傳輸的方式及內容。伺服驅動器最多可使用 4 組 RxPDO 和 4 組 TxPDO 來實現 PDO 的傳輸，相關對象列表如 7-21。

表 7-21 PDO 報文結構

名稱		COB-ID	通信對象	映射對象
RxPDO	1	200h+Node_ID	1400h	1600h
	2	300h+Node_ID	1401h	1601h
	3	400h+Node_ID	1402h	1602h
	4	500h+Node_ID	1403h	1603h
TxPDO	1	180h+Node_ID	1800h	1A00h
	2	280h+Node_ID	1801h	1A01h
	3	380h+Node_ID	1802h	1A02h
	4	480h+Node_ID	1803h	1A03h

(2)PDO 通信參數

PDO 的 CAN 標識符

PDO 的 CAN 標識符即 PDO 的 COB-ID，包含控制位和標識數據，確定該 PDO 的總線優先級。COB-ID 位於通信參數 (RxPDO：1400h~1403h 和 TxPDO：1800h~1803h) 的子索引 01 上，最高位決定該 PDO 是否有效。

PDO 的傳輸類型

PDO 的傳輸類型位於通信參數 (RxPDO：1400h~1403h 和 TxPDO：1800h~1803h) 的子索引 02：Transmission Type 上，決定了 PDO 遵循何種傳輸方式。Transmission Type 代表了不同的傳輸類型，定義了觸發 TxPDO 傳輸或收到的 RxPDO 的方法，具體對應關係如下表 7-15 所示。

表 7-22 PDO 通信類型

通信類型數值	同步		異步
	循環	非循環	
0		✓	
1~240	✓		
241~253			
254、255			✓

- ◆ TxPDO 的傳輸類型為 0 時，如果映射數據發生改變且接收到一個同步幀，則發送該 TxPDO。
- ◆ TxPDO 的傳輸類型為 1~240 時，接收到相應個數的同步幀時，發送該 TxPDO。
- ◆ TxPDO 的傳輸類型為 254 或 255 時，事件計時器觸發則發送該 TxPDO。
- ◆ RxPDO 的傳輸類型為 0~240 時，只要接收到一個同步幀，則將該 RxPDO 最新數據更新到應用。
- ◆ 當 RxPDO 的傳輸類型為 254 或 255 時，將接受到的數據直接更新到應用。

禁止時間

針對 TxPDO 設置了禁止時間，存放在通信參數（1800h~1803h）的子索引 03 上，防止 CAN 網絡被優先級較低的 PDO 持續占有。該參數的單位是 100us，設置數值後，同一個 TxPDO 傳輸間隔不得小於該參數對應的時間。

事件計時器

針對異步傳輸的 TxPDO，定義事件計時器，位於通信參數（1800h~1803h）的子索引 05 上。

PDO 映射參數

PDO 映射參數包含指向 PDO 需要發送或者接收到的 PDO 對應的過程數據的指針，包括索引、子索引及映射對象長度。每個 PDO 數據長度最多可達 8 個字節，可同時映射一個或者多個對象。其中子索引 0 記錄該 PDO 具體映射的對象個數，子索引 1~8 則是映射內容，映射參數內容定義如下：

表 7-23 PDO 映射參數定義

位數	31		16	15		8	7		0
含義	索引			子索引			對象長度		

索引和子索引共同決定對象在對象字典中的位置，對象長度指明該對象的具體位長，用十六進制表示，即：

表 7-21 PDO 報文結構

對象長度	位長
08h	8 位
10h	16 位
20h	32 位

同步對象 (SYNC)

同步對象是由 CANopen 主站周期性地廣播到 CAN 總線的報文，用來實現基本的網絡時鐘訊號，每個設備可以根據自己的配置，決定是否使用該事件來跟其它網絡設備進行同步通信。

同步對象 (SYNC) 是控制多個節點發送與接收之間協調同步的一種特殊機制，用於 PDO 的同步傳輸。同步對象的傳輸遵循生產者——消費者模式，由同步生產者發出同步幀，CAN 網絡中的其他所有節點都可以作為消費者接受該同步幀，並且無需反饋。同一個 CAN 網絡中只允許有一個同步發生器。

同步 PDO 的傳輸和同步幀緊密聯繫：

- (1) 對於同步 RxPDO，只要接收到了該 PDO，在下一 SYNC 時將接收到的 RxPDO 更新到應用。
- (2) 對於同步 TxPDO，分為同步循環和同步非循環。PDO 傳輸類型為 0 同步非循環時，PDO 映射對象內容發生改變，在下一個 SYNC 時發送；PDO 傳輸類型為 1~240 同步循環時，只要達到傳輸類型指定的 SYNC，不管數據有無改變，均需要發送該 TxPDO。

緊急對象服務 (EMCY)

當 CANopen 節點出現錯誤時，按照標準化機制，節點會發送一幀緊急報文。緊急報文遵循的是生產者——消費者模型，節點故障發出後，CAN 網絡中的其他節點可以選擇處理該故障。

當節點出現故障時，不管是否激活緊急對象，均需要更新錯誤寄存器和預定義錯誤場。緊急報文內容按以下規範：

表 7-25 緊急報文結構

COB-ID	0	1	2	3	4	5	6	7
80h+Node_ID	錯誤碼		錯誤寄存器	保留	輔助字節			

錯誤碼及輔助字節定義具體請參見章節“故障說明”。

CANopen 幀 COB-ID

CANopen 2.0A 定義了 11 位 CAN-ID，包含一個 4 位的功能碼 (Function Code) 部分和一個 7 位的節點 ID(Node-ID) 部分。

為方便總線上設備之間的組網，CANopen 根據 CAN-ID 定義了通信對象標識符 (COB-ID)：COB-ID 指定了在通信過程中，各參數對象通訊的優先級、以及各通信對象的識別。COB-ID 與 CAN-ID 一一對應，11 位 COB-ID 由兩部分組成，分別是 4 位的對象功能碼和 7 位的節點 ID。

表 7-26 COB-ID 與 CAN-ID 位一一對應

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Function Code				Node-ID						

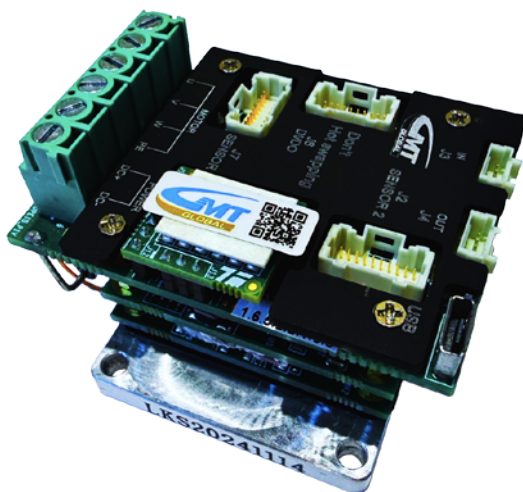
CANopen 的各個通信對象都有默認的 COB-ID，以次對總線上的設備、各通訊對象進行識別；並根據 COB-ID 的功能碼 (Function Code) 的大小來確定通訊對象的優先級 (功能碼越小，優先級越高)。

表 7-27 通訊對象及其 COB-ID

通訊對象	COB-ID(hex)	功能碼	對象字典中相關通訊參數
NMT 網絡控制 (廣播)	000	0000b	-
Sync 同步對象 (廣播)	080	0001b	0x1005、0x1006、0x1007
EMCY 緊急對象	080+Node-ID	0001b	0x1014、0x1015
TPD01	180+Node-ID	0011b	0x1800
RPD01	200+Node-ID	0100b	0x1400
TPD02	280+Node-ID	0101b	0x1801
RPD02	300+Node-ID	0110b	0x1401
TPD03	380+Node-ID	0111b	0x1802
RPD03	400+Node-ID	1000b	0x1402
TPD04	480+Node-ID	1001b	0x1803
RPD04	500+Node-ID	1010b	0x1403
SDO(Tx)	580+Node-ID	1011b	0x1200
SDO(Rx)	600+Node-ID	1100b	0x1200
NMT 網絡錯誤控制	700+Node-ID	1110b	0x1016、0x1017

7.1.2 CANopen 使用

通信接口（以 R-Servo 為例）

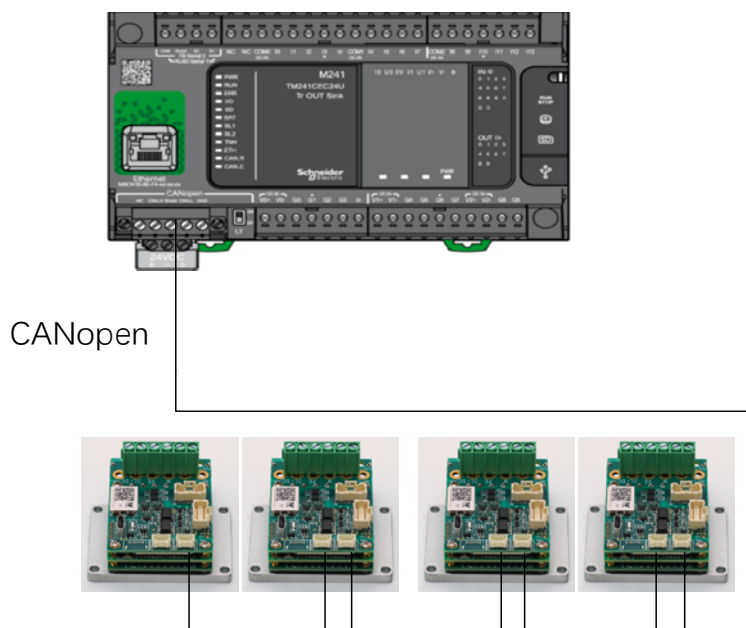


► 圖 7-2 CANopen 通信接口定義

表 7-25 緊急報文結構

引腳號	訊號名稱
1	NC
2	GND
3	CAN_L
4	CAN_H
5	PE

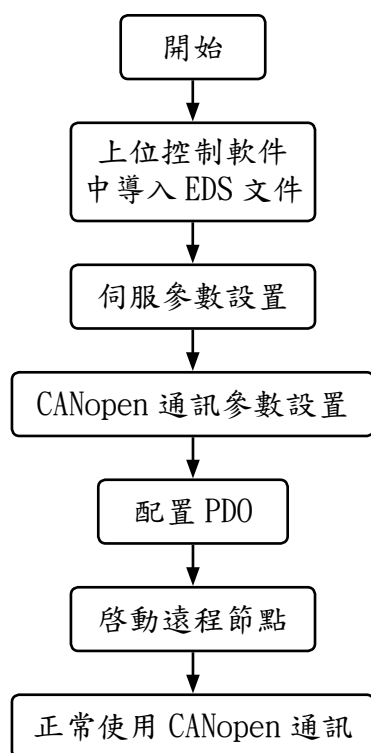
通信配線



► 圖 7-3 CANopen 通信接線圖

軟件設置

在上位機軟件中，導入 EDS 文件，掃描 R-SERVO 伺服，然後進行正常通信。



► 圖 7-4 軟件設置

使用 CANopen 伺服驅動器之前，需要設置如下兩個參數：

② NM 通過 R-SERVO 軟件修改參數 0x2004(CAN Baud Rate)，設置 CAN 通信波特率；主、從站波特率設置必須保持一致，否則無法正常通訊；波特率值的設置與總線通訊線纜的長度有關。

表 7-29 波特率與通訊線長度關係

波特率 (bit/s)	通訊線纜長度 (m)
1000000	25
500000	100
250000	250
125000	500
50000	1000
20000	1000

全球營運總部

513004 彰化縣埔心鄉瑞鳳路一段357號
(T)+886-4-828-2825
(F)+886-4-828-2228
產品諮詢專線：+886-4-828-2825 # 621
客服信箱：Support@gmt.tw
國外業務信箱：sales@gmt.tw

秀水廠

504009彰化縣秀水鄉民主街34巷3號
(T)+886-4-768-8327 (F)+886-4-768-8314
產品諮詢專線：+886-4-768-8328
國內業務信箱：stamping@gmt.tw

台中NTC研發中心

40756台中市西屯區市政北二路282號16F-A5
(NTC國家商貿中心)
(T)+886-4-2251-3875

台灣經銷商

北區

320016 桃園市中壢區高鐵站前西路一段286號15F-7
(T)+886-3-452-9922 (F)+886-3-463-6060

南區

71756台南市仁德區文華路三段428巷53弄22號
(T)+886-6-270-3518 (F)+886-6-270-3510

中國大陸

東莞鼎企智能自動化科技有限公司(子公司)
廣東省東莞市橫瀝鎮水邊工業區8號廠房

東莞營業所

廣東省東莞市南城區黃金路一號天安數碼城B1棟1109
(T)+86-769-8671-8568 (F)+86-769-8671-8567

昆山營業所

江蘇省昆山市周市鎮長江北路335號花都藝墅99棟8樓805室(寶裕廣場)
(T)+86-512-5706-8646 (F)+86-512-5706-7646

武漢營業所

湖北省武漢市江夏區聯享企業中心C-1-902-1
(T)+86-27-8755-1037

天津營業所

天津市濱海新區開發區第二大街洞庭路58號融匯大廈1006室
(T)+86-185-1190-9845



高明鐵企業股份有限公司
GMT GLOBAL INC.



www.gmtglobalinc.com