

HIWIN® MIKROSYSTEM



力矩馬達

使用者操作手冊

相關文件

透過相關文件，使用者可快速了解此手冊的定位，以及各手冊、產品之間的關聯性。詳細內容請至本公司
官網→下載中心→手冊總覽閱覽 (https://www.hiwinmikro.tw/Downloads/ManualOverview_TC.htm)

產品

控制器

HIMC
運動控制器

驅動器

E 系列
驅動器

D 系列
驅動器

馬達

線性馬達

直驅馬達

力矩馬達

伺服馬達

IM-1 系列
高速主軸
馬達

線性馬達定位平台

單軸
線性馬達
定位平台

雙軸
線性馬達
定位平台

致動器

線性
致動器

位置量測系統

絕對式
位置量測
系統

增量式
位置量測
系統

產品		文件名稱	文件編號	內容	
控制器	HIMC 運動控制器	HIMC 安裝指南	MH07UC01-□□□□	詳細說明 HIMC 運動控制器的安裝、連接等。	
		HIMC iA Studio 軟體使用手冊	MH01UC01-□□□□	詳細說明 HIMC 運動控制器的人機介面操作。	
		HIMC Modbus TCP 使用手冊	MH02UC01-□□□□	詳細說明 Modbus TCP 通訊協定應用於 HIMC 運動控制器的方式。	
		HIMC HMPL 使用手冊	MH06UC01-□□□□	詳細說明 HIMC 運動控制器的 HMPL 函式庫。	
		HIMC API 參考指南	MH05UC01-□□□□	詳細說明 HIMC 運動控制器的 API 函式庫。	
		HIOM 安裝指南	MH03UC01-□□□□	詳細說明 HIOM (HIWIN mega-ulink IO 模組) 的安裝、連接等。	
驅動器	E 系列 驅動器	技術手冊	E1 系列驅動器使用者操作手冊	MD09UC01-□□□□	詳細說明 E1 系列驅動器的選擇、安裝、連接、設定、試運轉、調機、監控等。
			E2 系列驅動器使用者操作手冊	MD28UC01-□□□□	詳細說明 E2 系列驅動器的選擇、安裝、連接、設定、試運轉、調機、監控等。
			E2 系列驅動器置換指南	MD34UC01-□□□□	詳細說明將 E1 系列驅動器與 D1 系列驅動器置換為 E2 系列驅動器的方式。
			E 系列驅動器 Thunder 軟體操作手冊	MD12UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器的人機介面操作。
			E 系列驅動器龍門控制系統使用者操作手冊	MD22UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器龍門控制系統的使用方式。
			E 系列驅動器電子凸輪控制系統使用者操作手冊	MD27UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器電子凸輪控制系統的使用方式。
			E 系列驅動器多工位功能使用者操作手冊	MD32UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器多工位功能的使用方式。
			E 系列驅動器 Thunder over EtherCAT 使用者操作手冊	MD43UC01-□□□□	詳細說明 E 系列 EtherCAT 驅動器透過 Ethernet over EtherCAT 連線 Thunder 的前置作業。
			E 系列驅動器 PDL 範例程式	MD25UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器的 PDL 範例程式。
	E 系列 驅動器	通訊手冊	E 系列驅動器 EtherCAT 通訊命令手冊	MD08UC01-□□□□	詳細說明 EtherCAT 通訊協定應用於 E 系列驅動器的方式。
			E1 系列驅動器 MECHATROLINK-III 通訊命令手冊	MD24UC01-□□□□	詳細說明 MECHATROLINK-III 通訊協定應用於 E1 系列驅動器的方式。
			E1 系列驅動器 PROFINET 通訊命令手冊	MD02UC01-□□□□	詳細說明 PROFINET 通訊協定應用於 E 系列驅動器的方式。
			E2 系列驅動器 EtherNet/IP 通訊命令手冊	MD44UC01-□□□□	詳細說明 EtherNet/IP 通訊協定應用於 E2 系列驅動器的方式。
			MPI 函式庫參考手冊	MD19UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 MPI 函式庫。
			MPI 範例程式	MD18UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 MPI 範例程式。
			驅動器 API 函式庫參考手冊	MD23UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 API 函式庫。
	E 系列 驅動器	應用手冊	Application Note E 系列 PROFINET 驅動器搭配 Siemens TIA Portal	MD30UC01-□□□□	詳細說明 E 系列 PROFINET 驅動器搭配 Siemens S7 系列 PLC 時，PLC 軟體 TIA Portal 的操作。
			Application Note E 系列 MECHATROLINK-III 驅動器搭配 YASKAWA MPE720	MD31UC01-□□□□	詳細說明 E 系列 MECHATROLINK-III 驅動器搭配 YASKAWA MP3000 系列運動控制器時，運動控制器軟體 MPE720 的操作。

產品		文件名稱	文件編號	內容
		功能區塊應用手冊 E 系列 EtherCAT 驅動器搭配 OMRON Sysmac Studio	MD35UC01-□□□□	詳細說明 E 系列 EtherCAT 驅動器搭配 OMRON Sysmac Studio 時，應用功能區塊的使用方式。
		功能區塊應用手冊 E 系列 EtherCAT 驅動器搭配 KEYENCE KV STUDIO	MD36UC01-□□□□	詳細說明 E 系列 EtherCAT 驅動器搭配 KEYENCE KV STUDIO 時，應用功能區塊的使用方式。
D 系列 驅動器		D1 驅動器使用者操作手冊	MD20UC01-□□□□	詳細說明 D1 驅動器的選擇、安裝、連接、設定、試運轉、調機、監控等。
		D2 驅動器使用者操作手冊	MD07UC01-□□□□	詳細說明 D2T 驅動器的選擇、安裝、連接、設定、試運轉、調機、監控等。
		D2T-LM 系列驅動器使用者操作手冊	MD11UC01-□□□□	詳細說明 D2T-LM 驅動器的選擇、安裝、連接、設定、試運轉、調機、監控等。
		MPI 函式庫參考手冊	MD19UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 MPI 函式庫。
		MPI 範例程式	MD18UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 MPI 範例程式。
		驅動器 API 函式庫參考手冊	MD23UC01-□□□□	詳細說明 E 系列驅動器與 D 系列驅動器的 API 函式庫。
		PDL 範例程式使用者操作手冊	MD13UC01-□□□□	詳細說明 D 系列驅動器的 PDL 範例程式。
馬達	線性馬達	線性馬達使用者操作手冊	MP99UC01-□□□□	詳細說明線性馬達的選擇、安裝、連接等。
	直驅馬達	DMN 系列直驅馬達使用者操作手冊	MR01UC01-□□□□	詳細說明 DMN 系列直驅馬達的選擇、安裝、連接等。
		DMT 系列直驅馬達使用者操作手冊	MR03UC01-□□□□	詳細說明 DMT 系列直驅馬達的選擇、安裝、連接等。
		DMY 系列直驅馬達使用者操作手冊	MR04UC01-□□□□	詳細說明 DMY 系列直驅馬達的選擇、安裝、連接等。
		DMS 系列直驅馬達使用者操作手冊	MR05UC01-□□□□	詳細說明 DMS 系列直驅馬達的選擇、安裝、連接等。
		DMH 系列直驅馬達使用者操作手冊	MR07UC01-□□□□	詳細說明 DMH 系列直驅馬達的選擇、安裝、連接等。
	力矩馬達	力矩馬達使用者操作手冊	MW99UC01-□□□□	詳細說明力矩馬達的選擇、安裝、連接等。
	伺服馬達	伺服馬達使用者操作手冊	MC03UC01-□□□□	詳細說明伺服馬達的選擇、安裝、連接等。
IM-1 系列 高速主軸 馬達	IM-1 系列高速主軸馬達 使用者操作手冊	MS01UC01-□□□□	詳細說明 IM-1 系列高速主軸馬達的選擇、安裝等。	
線性 馬達 定位 平台	單軸 線性馬達 定位平台	單軸線性馬達定位平台使用者操作手冊	MM06UC01-□□□□	詳細說明單軸線性馬達定位平台的選擇、安裝、連接等。
	雙軸 線性馬達 定位平台	雙軸線性馬達定位平台使用者操作手冊	MM18UC01-□□□□	詳細說明雙軸線性馬達定位平台的選擇、安裝、連接等。
致動器	線性致動器	線性致動器使用者操作手冊	MA99UC01-□□□□	詳細說明線性致動器的選擇、安裝、連接等。
位置量 測系統	絕對式 位置量測 系統	絕對式位置量測系統使用者操作手冊	ME06UC01-□□□□	詳細說明絕對式位置量測系統的選擇、安裝、連接等。
	增量式 位置量測 系統	增量式位置量測系統使用者操作手冊	ME07UC01-□□□□	詳細說明增量式位置量測系統的選擇、安裝、連接等。

認證

馬達型號	認證項目		
	歐盟指令		北美認證
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2005 EN 61000-6-4:2007+A1:2011	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2010	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
TMRW□□			

馬達型號	認證項目		
	歐盟指令		北美認證
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2019 EN 61000-6-4:2019	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2010	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
TM-5-□□	 		

註：

EN：Europischen Normen = 歐洲標準

CE refers to European standards.

(Publication of harmonised standards under Union harmonisation legislation)

IEC: International Electrotechnical Commisiion

UKCA: UK Conformity Assessed

相關認證及符合聲明可至大銀微系統公司官網下載 (<https://www.hiwinmikro.tw/zh/download>)

馬達型號	認證項目		
	歐盟指令		北美認證
	EMC Directive: 2014/30/EU reference standard EN 61000-6-2:2005 EN 61000-6-4:2007+A1:2011	LVD Directive: 2014/35/EU reference standard EN 60034-1:2017	Rotating Electrical Machines reference standard UL 1004-1 UL 1446
IM-2-□□			

註：

EN : Europäischen Normen = 歐洲標準

CE refers to European standards.

(Publication of harmonised standards under Union harmonisation legislation)

IEC: International Electrotechnical Commission

UKCA: UK Conformity Assessed

相關認證及符合聲明可至大銀微系統公司官網下載 (<https://www.hiwinmikro.tw/zh/download>)

目錄

相關文件.....	ii
認證.....	v
目錄.....	vii
1. 導論.....	1-1
1.1 修訂紀錄.....	1-2
1.2 關於此手冊.....	1-3
1.3 注意事項.....	1-4
1.3.1 要求規格.....	1-4
1.4 安全說明.....	1-5
1.5 版權.....	1-6
1.6 製造商資訊.....	1-6
1.7 產品監督.....	1-7
2. 基本安全資訊.....	2-1
2.1 簡介.....	2-2
2.2 基本安全事項.....	2-3
2.3 合理可預見的誤用.....	2-4
2.4 換算與修正.....	2-5
2.5 殘餘風險.....	2-6
2.6 人員需求.....	2-7

2.7	安全設備.....	2-8
2.8	力矩馬達標籤.....	2-9
3.	產品說明.....	3-1
3.1	力矩馬達說明.....	3-2
3.2	力矩馬達主要元件.....	3-3
3.3	產品型號.....	3-5
3.3.1	TMRW 系列編碼原則	3-5
3.3.2	TM-5 系列編碼原則	3-6
3.3.3	IM-2 系列編碼原則	3-7
3.3.4	TM-5(J0)系列編碼原則.....	3-8
3.3.5	馬達選用.....	3-10
3.3.6	馬達熱計算	3-14
3.3.7	冷卻相關.....	3-20
3.4	驅動評估事項.....	3-26
3.4.1	電源供應以及控制器選用注意事項	3-26
3.4.2	電纜線電壓反射現象	3-28
3.4.3	中性點震盪現象	3-31
3.4.4	中性點電壓量測	3-34
4.	運送與安裝.....	4-1
4.1	輸送.....	4-2

4.2	運送至安裝位置	4-3
4.3	安裝位置之需求規格	4-5
4.4	儲存	4-7
4.5	開箱與設定	4-9
5.	組裝與連接	5-1
5.1	機械安裝	5-2
5.1.1	冷卻介面設計	5-2
5.1.2	轉子安裝介面設計	5-16
5.1.3	定子安裝介面設計(無冷卻外罩)	5-19
5.1.4	定轉子氣隙與組裝同心度要求	5-20
5.1.5	定轉子作用力	5-22
5.1.6	定轉子螺絲扭力規範	5-24
5.1.7	馬達旋轉方向	5-25
5.1.8	機械安裝	5-26
5.2	電氣連接	5-30
5.2.1	配線注意事項	5-30
5.2.2	馬達電纜線	5-30
5.2.3	馬達並聯運轉設計	5-39
5.2.4	溫度感測器	5-51
6.	調適	6-1

6.1	調適.....	6-2
7.	保養與清潔.....	7-1
7.1	保養.....	7-2
7.2	清潔.....	7-3
7.3	試運轉.....	7-4
8.	處置.....	8-1
8.1	廢棄物處理.....	8-2
8.1.1	汰換.....	8-2
8.1.2	處置.....	8-3
9.	故障排除.....	9-1
9.1	故障排除.....	9-2
9.1.1	HIWIN 力矩馬達故障排除表單.....	9-4
10.	公司聲明.....	10-1
10.1	公司聲明.....	10-2
11.	附錄.....	11-1
11.1	技術用語說明.....	11-2
11.2	單位換算.....	11-7
11.3	公差與假設.....	11-10
11.3.1	公差.....	11-10
11.3.2	散熱假設.....	11-10

11.3.3	環境假設	11-10
11.4	選配配件	11-11
11.4.1	溫度保護裝置	11-11
11.4.2	特色	11-11
11.4.3	溫度模組配線說明	11-12
11.5	客戶需求調查表	11-13

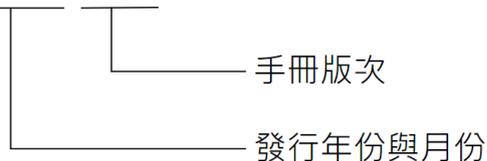
1. 導論

1.	導論	1-1
1.1	修訂紀錄.....	1-2
1.2	關於此手冊	1-3
1.3	注意事項.....	1-4
1.3.1	要求規格.....	1-4
1.4	安全說明.....	1-5
1.5	版權.....	1-6
1.6	製造商資訊	1-6
1.7	產品監督.....	1-7

1.1 修訂紀錄

手冊版次資訊亦標記於手冊封面右下角。

MW99UC01-2503-V1.5



發行日期	版次	適用產品	更新內容
2025/03/28	1.5	力矩馬達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增 TM-5 相關內容 2. 移除 TM-2 相關內容
2023/05/30	1.4	力矩馬達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新 EN 60721-3-1~3-3 代號 2. 更新長期存放描述 3. 新增電纜線電壓反射及中性線電壓共振現象描述 4. 新增排氣說明 5. 新增堵轉說明 6. 調整 TMRW 氣隙 7. 新增 TM-2(J0)
2021/04/10	1.3	力矩馬達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增 TM-2/IM-2 相關內容 2. 新增馬達使用範圍 3. 新增產品以及標籤說明 4. 編輯軸向吸力內容 5. 新增電源供應以及控制器選用事項 6. 新增內文符號 7. 新增公差與假設說明章節 8. 新增技術用語 9. 新增維修與障礙排除內文 10. 新增汰換馬達說明
2019/04/15	1.2	力矩馬達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安全指南移動至第一章節 2. 編輯冷卻說明內容 3. 編輯介面設計內容
2017/05/10	1.1	力矩馬達	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增馬達選型 2. 新增介面設計 3. 新增溫度保護說明 4. 新增技術用語
2014/05/01	1.0	力矩馬達	初版發行

1.2 關於此手冊

本手冊主要針對 HIWIN 的標準力矩馬達系列 (在內文中也稱為『馬達』)TMRW/TM-5/IM-2 進行說明。本手冊提供客戶在完全安全情況下處理、組裝及操作馬達所需的資訊。除非在”特定文件”中提及，否則客製產品也適用此手冊內容。

HIWIN 的責任在任何情況下都僅限於力矩馬達的功能，並沒有涵蓋整個客戶的系統或機器。如果出現任何故障或技術問題，本產品未提供解決方案時，請聯繫 HIWIN 提供技術支持。如果您發現此文件中有任何錯誤或需修改的內容，請不吝通知我們；除了更換馬達之外，客戶或持有或操作該系統的任何人都必須負責評估所有安全或與整個系統搭配的相關問題，任何可能原因造成的馬達故障或系統失效，HIWIN 無法知道也不承擔責任。

1.3 注意事項

使用本產品前請詳閱本使用手冊。HIWIN 對未依照本使用手冊之安裝說明及操作說明所發生的任何損害、意外或傷害不予負責。

- 請於安裝或使用本產品前，確實檢查外觀無破損或破壞，若有任何破損情形，請立即與 HIWIN 或經銷商聯絡。
- 請檢查配線未有損壞並可正常連接使用。
- 請勿自行分解或改裝本產品。HIWIN 產品設計均經過結構運算、電腦模擬以及實體測試，故請勿在未徵求專業人員同意之前，自行分解或改裝本產品。
- 請保持兒童遠離本產品，需監督兒童以避免接觸本產品。
- 若有身心疾病者或未有使用相關產品經驗者，將不可使用本產品，除非有管理者或產品解說員在旁並確保他們安全。

以上如有任何登錄資料與您訂貨資料不符或產品有任何問題，請您與接洽之代理商、經銷商或 HIWIN 業務代表聯絡。

HIWIN 對產品提供一年保固，於此期間因不當使用（請參閱本使用手冊之注意與安裝事項）或天然災害造成之損害，HIWIN 不負責更換及維修產品。

1.3.1 要求規格

- 操作人員接受過力矩馬達安全操作規程的培訓，並已完整閱讀並了解本操作手冊。
- 維護人員對力矩馬達進行維護和維修，以免對人員、財產或環境造成危險。

1.4 安全說明

■ 安全規章

安全提示會經常使用文字或偶而附上圖文如下，警告該章節操作時會產生之風險性；另外，會另以符號提示危險類型；若隨貨附上警告或禁止標語貼紙也請注意該包裝內容物危險性。

危險

迫切危害！

具有危險威脅的情況，不遵守此注意事項會造成人員重傷甚至死亡。

警告

潛在危險！

不遵守此注意事項可能會造成人員重傷甚至死亡。

注意

潛在危險！

不遵守此注意事項可能會造成財產損失或環境污染。

警告標誌



帶有心臟植入性電子儀器者不可使用！



環境有害物質！



警告！



壓傷注意！



帶電！



高溫表面！



強磁！

強制性標誌



配戴安全帽！



閱讀手冊！



穿戴安全手套！



保養或維修前請斷開連接。



穿戴安全鞋！



吊掛點。

1.5 版權

本產品的使用手冊為台中大銀微系統股份有限公司版權所有，不得以任何形式手段傳播文件。
使用手冊受版權保護，任何內容複製、出版、修改或刪減，均須要大銀微系統股份有限公司的書面核准。

註：

HIWIN 保留變更的權利，如使用手冊內容或產品規格，恕不另行通知。

1.6 製造商資訊

表 1.6.1 製造商資訊

地址	大銀微系統股份有限公司. 40852 台中市精密機械園區精科中路 6 號
電話	+886-4-23550110
傳真	+886-4-23550123
業務信箱	business@hiwinmikro.tw
客服信箱	service@hiwinmikro.tw
網站	https://www.hiwinmikro.tw

1.7 產品監督

請告知力矩馬達製造商大銀微系統

- 意外
- 力矩馬達的潛在危險源
- 本操作手冊中難以理解的內容

2. 基本安全資訊

2.	基本安全資訊.....	2-1
2.1	簡介.....	2-2
2.2	基本安全事項.....	2-3
2.3	合理可預見的誤用.....	2-4
2.4	換算與修正.....	2-5
2.5	殘餘風險.....	2-6
2.6	人員需求.....	2-7
2.7	安全設備.....	2-8
2.8	力矩馬達標籤.....	2-9

2.1 簡介

力矩馬達是旋轉驅動系統元件，可依照時間以及位置對安裝負載進行精準定位。例如：自動化系統中的組件。力矩馬達可在任何位置進行安裝以及運轉，負載必須與轉動部緊密固定。

- ◆ 力矩馬達不得在戶外或者有爆炸風險的環境中使用。
- ◆ 力矩馬達僅能在所描述的使用範圍內使用。
- ◆ 力矩馬達必須在其指定的性能極限內運轉。
- ◆ 為了安全的使用力矩馬達，必須採取適當的安全預防措施已防止馬達過載使用。
- ◆ 正確使用力矩馬達必須遵守組裝說明、維護以及修理規範。
- ◆ 將力矩馬達用於其他非預設目的皆視為不當使用。
- ◆ 僅使用大銀原廠配件。

2.2 基本安全事項

危險



強磁危險!

力矩馬達周圍強磁會對植入物(例如心臟起搏器)使用者造成健康影響。

- ◆ 帶有植入物會受磁場影響健康者，應與力矩馬達保持至少 **500mm** 的安全距離

注意



對手錶或者磁性儲存裝置會造成物理損壞的風險。

環繞於力矩馬達周圍強大的磁場可能會損壞手錶或者磁性儲存裝置。

- ◆ 請勿將手錶或可磁化之儲存裝置接近力矩馬達附近(500mm 以內)。

- ◆ 拿取或放置產品時，不可只拉著線材拖曳。
- ◆ 請勿在有衝擊性的環境下使用產品。
- ◆ 確保產品在額定條件下使用。
- ◆ 根據 IEC 60034-5 標準，所有 HIWIN 力矩馬達產品，定子定義為防護等級 IP20，而轉子為防護等級 IP00。
- ◆ 根據 IEC 60085 標準，HIWIN 力矩馬達 TM-5 / IM-2 系列絕緣等級為 F，而 TMRW 系列為 B。

2.3 合理可預見的誤用

力矩馬達不得操作於以下狀況：

- ◆ 室外
- ◆ 潛在爆炸環境

2.4 換算與修正

- 不可肆意或擅自修改、拆裝、破壞產品等，若有任何需求，請聯繫 HIWIN 業務並提出您的需求。
- 不可任意撕毀產品標籤與附掛之標示卡。
- 含有 HIWIN Logo 的紙箱，請勿放置其他產品後販售與轉寄。

2.5 殘餘風險

使用者若正常操作，依照使用手冊說明執行與注意事項，可有效控制與降低風險發生，可參閱相關章節中，提供有關保養和使用本產品可能出現的風險與警告。

使用本產品得殘餘風險，例如：告知客戶和使用操作的人員須閱讀此本使用手冊，但無法確切知道是否完全理解此產品說明，如有任何對於手冊上的疑問，請您聯繫 HIWIN 的業務並提出疑問，將有專業說明回饋。

2.6 人員需求

靠近產品的人員，務必不可裝置心臟節律器者與體內含有金屬儀器等，避免生命危害。

使用者須先詳閱產品使用手冊，且經過授權或對產品有認知，務必熟悉安全設備和規定(請參閱表 2.6.1)

表 2.6.1 人員需求

工作流程	人員資質、知識、能力等要求
搬運	未裝置心臟節律器與體內含金屬儀器的人員。
安裝	經過培訓的專業人員。
組裝	經過培訓的專業人員。
保養與清潔	代理商、經銷商或未裝置心臟節律器與體內含金屬儀器的人員。
維修	代理商、經銷商或經過培訓的專業人員。

2.7 安全設備

■ 個人裝備要求

表 2.7.1 防護裝備要求

工作流程	防護裝備	個人防護裝備
搬運		搬運時，避免不小心產品掉落，砸傷風險，請穿上安全鞋。
組裝		組裝轉子時，因強大吸力，使用吊掛方式，務必戴上安全帽防護。
保養與清潔		產品表面塗上潤滑油與酒精擦拭時，請穿戴乳膠手套。
運轉中		若出現噪音，請勿長時間暴露於噪聲中，且須戴上防護耳罩。

■ 安全設備要求

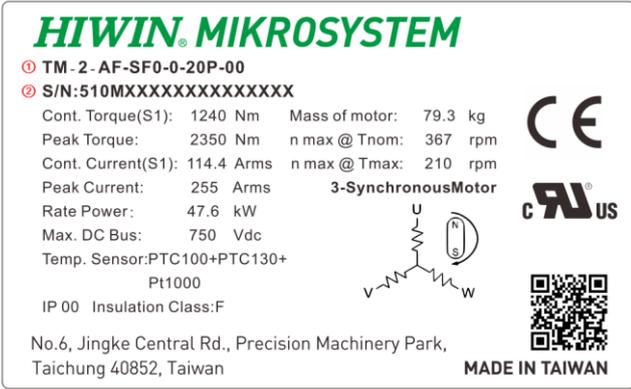
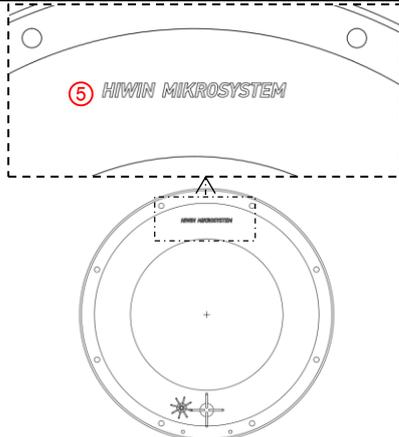
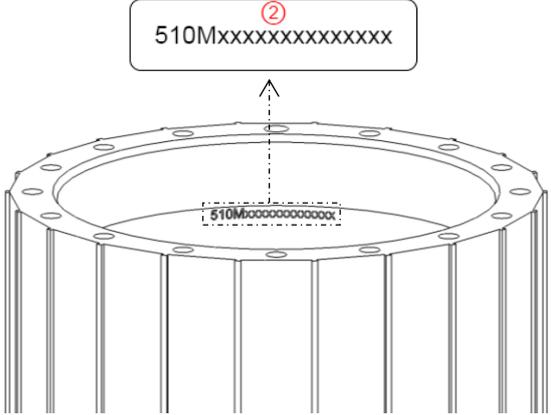
本產品有不同尺寸與規格，當無法使用徒手搬運時，請使用天車吊掛，吊掛時，務必戴上安全帽防護頭部。

表 2.7.2 安全裝備要求

工作流程	防護裝備	安全防護裝備
吊掛		吊掛的吊環確實夾持與載重負荷有在規範內。

2.8 力矩馬達標籤

每個轉子和定子都有特定的標記。包裝內提供 2 個名稱標籤，3 個簡單標籤和 2 個 O 形圈。並且在轉子上有一個磁性警告標誌。以下為這些標籤的圖例：

銘牌貼紙	簡易標籤貼紙
	
定子標記	轉子標籤
	
<p>①：馬達型號 ②：生產序號 ③：品號 ④：圖號 ⑤：雷射商標</p>	
強磁警告標誌貼紙	
	

3. 產品說明

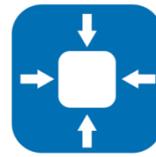
3.	產品說明	3-1
3.1	力矩馬達說明	3-2
3.2	力矩馬達主要元件	3-3
3.3	產品型號	3-5
3.3.1	TMRW 系列編碼原則	3-5
3.3.2	TM-5 系列編碼原則	3-6
3.3.3	IM-2 系列編碼原則	3-7
3.3.4	TM-5(J0)系列編碼原則.....	3-8
3.3.5	馬達選用	3-10
3.3.6	馬達熱計算	3-14
3.3.7	冷卻相關	3-20
3.4	驅動評估事項	3-26
3.4.1	電源供應以及控制器選用注意事項	3-26
3.4.2	電纜線電壓反射現象	3-28
3.4.3	中性點震盪現象	3-31
3.4.4	中性點電壓量測	3-34

3.1 力矩馬達說明

力矩馬達設計採用永磁同步無刷設計，提高效率產生大轉矩輸出，不須搭配減速機構，可直接與負載連接並輸出轉矩，具有以下優勢：

◆ 便利客戶設計

- 大中空軸 – 大中空軸式轉子易於穿線以及各式零件藏於其中，減少設計困難度。
- 零件數少 – 可直接與負載連接可以減少轉接零件，更進一步提高可靠度。
- 低安裝高度 – 大中空軸與直接與負載連接特性可以使機構設計更為緊湊。



◆ 減少客戶花費

- 無額外減速機構 – 可減少安裝困難以及維護費用。
- 無磨耗零件 – 可顯著減少停機維護保養時間，持續生產。
- 長壽命 – 無磨耗以及減速機構可大幅提昇機台壽命。



◆ 提昇整體性能

- 高動態特性 – 沒有彈性連接、背隙、摩擦等傳遞延遲，提供最佳運動性能。
- 低頓轉轉矩 – 多極數搭配電機設計優化，降低運轉中的頓挫感。
- 低轉動慣量 – 環狀大中空軸轉子減少馬達自身負載。
- 高位置精度 – 可直接連結負載的特性使位置回饋更為精準。



3.2 力矩馬達主要元件

HIWIN 力矩馬達可採用冷卻來達到馬達最佳性能。馬達出貨時不包含軸承、位置回授裝置與相關連接件，其構造如圖 3.2.1。

■ 定子

TMRW/TM-5/IM-2 系列定子外部有冷卻液通道，外殼材質為鋁合金或碳鋼鍍鎳。內部的組成皆為鐵心與線圈，矽鋼片與線圈以環氧樹脂包覆，其中一端面有兩條出線，分別為馬達電源線與溫控電纜線。定子須裝置於客戶機台的固定部。編碼末二碼為 J□者為定子外部加裝冷卻外罩，如圖 3.2.2 所示。

■ 轉子

轉子主要的組成為一個導磁機構件上平均分佈磁鐵，轉子須裝置於客戶機台的旋轉部。轉子具有強大的吸力，組裝或搬運時須做好安全防護，不可接近導磁物(鐵製品等)，以免發生危險。

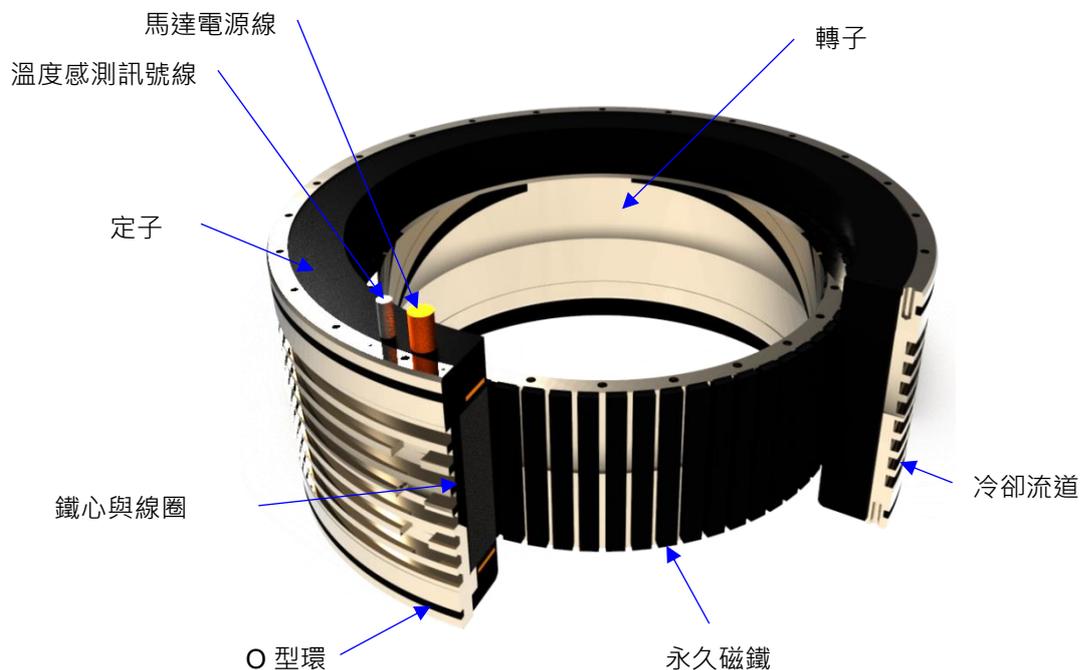


圖 3.2.1 力矩馬達基本構造(TMRW/TM-5)

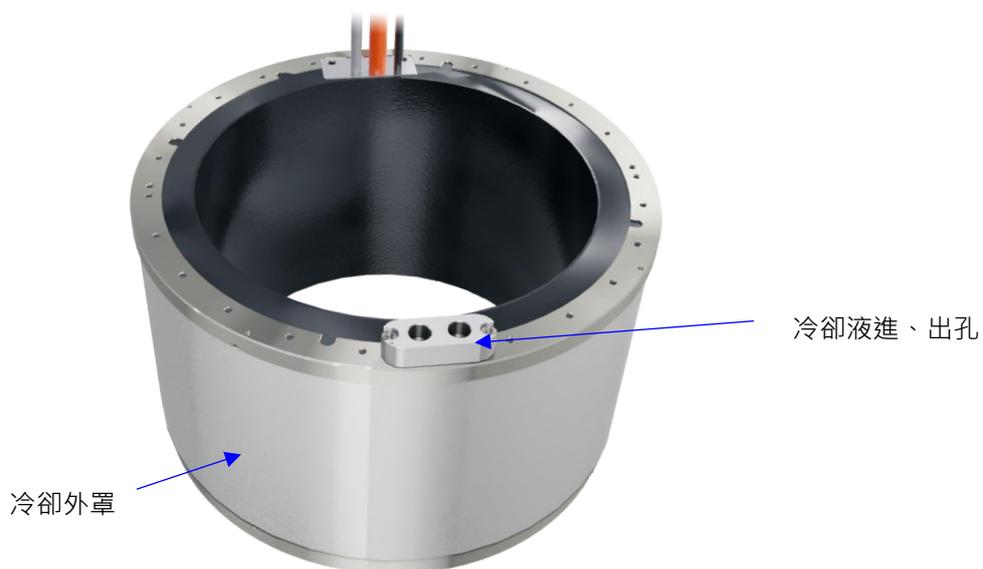


圖 3.2.2 外罩版定子基本構造(TM-5(J□))

3.3 產品型號

3.3.1 TMRW 系列編碼原則

	馬達規格			選配		-	客製碼	
	TMRW	4	7	L	C		X	X
規格:								
TMRW: 力矩馬達								
定子外徑尺寸:								
1 : Ø160mm								
2 : Ø198mm								
4 : Ø230mm								
7 : Ø310mm								
A : Ø385mm								
D : Ø485mm								
G : Ø565mm								
轉子(磁鐵)高度:								
3 :30mm								
5 :50mm								
7 :70mm								
A :100mm								
F :150mm								
配線代碼:								
:標準								
L :低反電動勢								
選配:								
:標準								
C :客製								
預留碼:								
:標準								
XX :特性代碼								
詳閱馬達規格書								

3.3.2 TM-5 系列編碼原則

		馬達規格					溫度感測器	出線型式		容製碼									
		TM	5	-	7	5	-	P	B	6	-	0	-	20	V	-	X	X	
規格：	TM-5:力矩馬達																		
定子外徑尺寸：																			
1	:	Ø160mm																	
2	:	Ø198mm																	
4	:	Ø230mm																	
7	:	Ø310mm																	
A	:	Ø385mm																	
D	:	Ø485mm																	
G	:	Ø565mm																	
轉子(磁鐵)高度：																			
3	:	30mm																	
5	:	50mm																	
7	:	70mm																	
A	:	100mm																	
F	:	150mm																	
轉矩-轉速特性代碼：	詳閱馬達規格書																		
溫度感測器配置：																			
0	:	PTC130+PTC100+Pt1000 (標準)																	
1	:	PTC130+PTC100+Pt1000x3																	
出線長度：																			
20	:	2.0m (標準)																	
05	:	0.5m																	
10	:	1.0m																	
出線形式：	出線形式示意圖參考圖 3.3.1																		
S	:	軸向直接出線																	
V	:	軸向出線含固定座																	
A	:	軸向出線含電纜固定頭																	
H	:	90°出線含固定座 (溫度感測訊號線軸向出線)																	
P	:	所有出線分開含固定座 (軸向出線)																	
預留碼：																			
00	:	標準(不含定轉子固定片)																	
03	:	組裝出貨(定轉子固定片位於出線側)																	

3.3.3 IM-2 系列編碼原則

規格 :	馬達規格							溫度感測器	出線型式		客製碼									
	IM	-	2	-	7	5	-	S	D	0	-	0	-	20	V	-	X	X		
規格 :								0												
IM-2: IM 馬達																				
定子外徑尺寸 :																				
1	: Ø160mm																			
2	: Ø198mm																			
4	: Ø230mm																			
7	: Ø310mm																			
A	: Ø385mm																			
D	: Ø485mm																			
G	: Ø565mm																			
轉子(磁鐵)高度:																				
3	:30mm																			
5	:50mm																			
7	:70mm																			
A	:100mm																			
F	:150mm																			
轉矩-轉速特性代碼 :																				
詳閱馬達規格書																				
溫度感測器配置 :																				
0	:PTC130+PTC100+Pt1000 (標準)																			
1	:PTC130+PTC100+Pt1000x3																			
出線長度:																				
20	: 2.0m (標準)																			
05	: 0.5m																			
10	: 1.0m																			
出線形式 : 出線形式示意圖參考圖 3.3.1																				
S	:軸向直接出線																			
V	:軸向出線含固定座																			
A	:軸向出線含電纜固定頭																			
H	:90°出線含固定座 (溫度感測訊號線軸向出線)																			
P	:所有出線分開含固定座 (軸向出線)																			
預留碼:																				
00	:標準(不含定轉子固定片)																			
03	:組裝出貨(定轉子固定片位於出線側)																			

3.3.4 TM-5(J0)系列編碼原則

	馬達規格						溫度感測器	出線型式		客製碼								
	TM	-	5	-	7	5	-	P	B	6	-	0	-	20	V	-	J	0
規格：	TM-5:力矩馬達																	
定子外徑尺寸：																		
7	: Ø329mm																	
A	: Ø399mm																	
D	: Ø498mm																	
G	: Ø572mm																	
轉子(磁鐵)高度:																		
4	:40mm																	
5	:50mm																	
6	:60mm																	
7	:70mm																	
8	:80mm																	
9	:90mm																	
B	:110mm																	
C	:120mm																	
G	:160mm																	
H	:170mm																	
轉矩-轉速特性代碼：	詳閱馬達規格書																	
溫度感測器配置：																		
0	:PTC130+PTC100+Pt1000 (標準)																	
1	:PTC130+PTC100+Pt1000x3																	
出線長度:																		
20	: 2.0m (標準)																	
05	: 0.5m																	
10	: 1.0m																	
出線形式：出線形式示意圖參考圖 3.3.1																		
S	:軸向直接出線																	
V	:軸向出線含固定座																	
A	:軸向出線含電纜固定頭																	
H	:90°出線含固定座 (溫度感測訊號線軸向出線)																	
P	:所有出線分開含固定座 (軸向出線)																	
預留碼:																		
J0	:附冷卻外罩(不含定轉子固定片)																	

<p>S：軸向直接出線</p>	<p>V：軸向出線含固定座</p>
	
<p>A：軸向出線含電纜固定頭</p>	<p>H：90°出線含固定座 (溫度感測訊號線軸向出線)</p>
	
<p>P：所有出線分開含固定座 (軸向出線)</p>	<p>註： 上方示意圖可能會因為設計需求調整，請依承認圖尺寸為主。</p>
	

圖 3.3.1 出線形式示意圖

3.3.5 馬達選用

以下將說明如何根據速度、行程、負載等需求來選擇合適的馬達。進行選配工作的基本流程如下：

需求確認

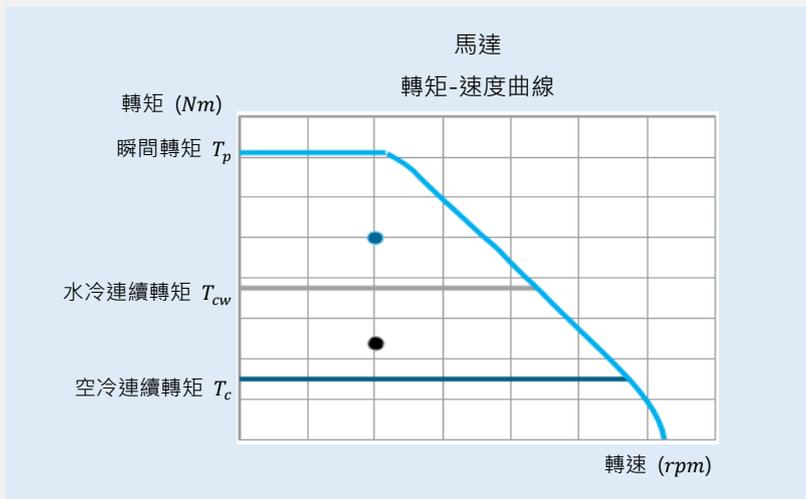
- 使用環境
- 安裝方式 (水平、側掛)
- 驅動方式
- 負載條件 (負載慣量、摩擦力、切削力)
- 速度條件 (最大加速度、最大速度)
- Duty cycle

轉矩計算

- 計算各使用條件速度與對應之轉矩
- 計算等效轉矩

馬達選用與轉矩-速度曲線確認

- 依計算出的最大轉矩、等效轉矩及速度，於 HIWIN 型錄選擇適用的馬達
- 確認所有使用條件的速度與對應之轉矩都位於該馬達的轉矩-速度曲線範圍內
- 確認等效轉矩位於該馬達的連續轉矩範圍內



■ 符號

φ	移動角度 (rad)	I_p	瞬間電流 (A_{rms})
t	移動時間 (sec)	I_e	等效電流 (A_{rms})
α	角加速度 (rad/s^2)	I_c	連續電流 (A_{rms})
ω	角速度 (rad/s)	ω_0	啟動角速度 (rad/s)
J_L	負載慣量 (kgm^2)	m	負載質量 (kg)
J	轉子慣量 (kgm^2)	R_L	負載物外徑 (m)
T_p	瞬間轉矩 (Nm)	r_L	負載物內徑 (m)
T_c	連續轉矩 (Nm)	a_L 、 b_L	負載物邊長(m)
T_j	慣性轉矩 (Nm)	S	負載物重心與旋轉中心距離 (m)
K_t	轉矩常數 (Nm/A_{rms})		

STEP 1 需求確認

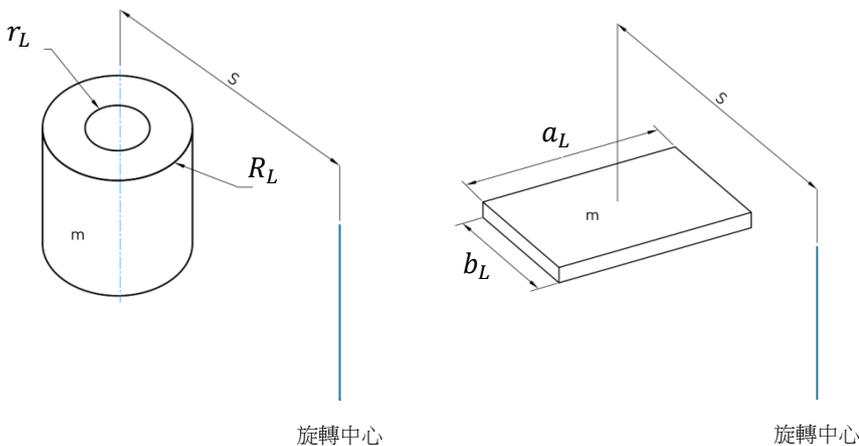
為能正確地決定出適合使用者需求的馬達，選用前必須了解下列負載慣量運動公式的計算。

負載慣量計算

負載慣量一般可由 3D 繪圖軟體或依方程式計算求得，常用的負載慣量方程式描述如下：

圓柱型負載慣量: $J_L = m \left(\frac{R_L^2 + r_L^2}{2} + S^2 \right)$

矩型負載慣量: $J_L = m \left(\frac{a_L^2 + b_L^2}{12} + S^2 \right)$



決定運動速度規劃與運動參數

常用的基本運動學方程式描述如下：

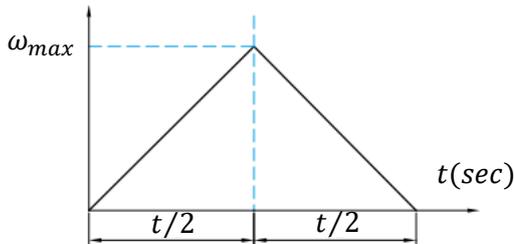
$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad \varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

其中 ω 是角速度， α 是角加速度， t 是移動時間而 φ 是移動角度。使用者可選擇這四個變數 (ω 、 α 、 t 與 φ) 中的任兩個變數當設計值，剩下的兩個變數可由上述公式計算得出。

※速度規劃

力矩馬達選用的速度規劃分為梯形軌跡 (Trapezoid profile) 與三角形軌跡 (Triangle profile)。梯形軌跡常用於掃描的應用，速度規劃分為加速段、等速段及減速段三部分，最大角加速度值可依前述基本運動學方程式求得；三角形軌跡通常用於點對點應用，速度規劃分為加速段及減速段兩部分，其速度曲線及公式可簡化如下：

$\omega(\text{rad/s})$



$$\omega_{max} = 2 \times \frac{\varphi}{t} \text{ or } \omega_{max} = \sqrt{\alpha \times \varphi}, \alpha_{max} = \frac{4\varphi}{t^2}$$

其他運動軌跡例如 “S-curve”, “full-jerk”, “sine”, “modified sine”, 將不在此手冊內討論。

- ◆ “S-curve”, “sine”, “modified sine” 可由大銀協助評估。
- 不同類型的運動軌跡可以在不同應用需求上有其優缺點。

加加速度在“Triangular profile”和“Trapezoidal profile”中為正負無限大。

STEP 2 轉矩計算

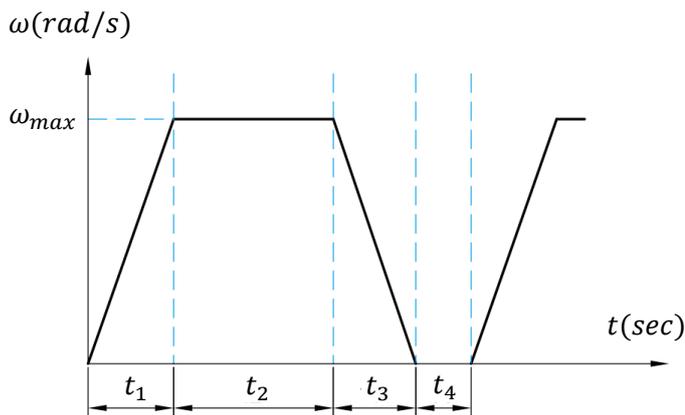
最大轉矩的計算可由下式求得：

$$T_{max} = (J + J_L) \times \alpha_{max} + T_f = T_j + T_f$$

其中 T_j 是慣性轉矩， T_f 是摩擦轉矩、切削力等外力所產生之轉矩。

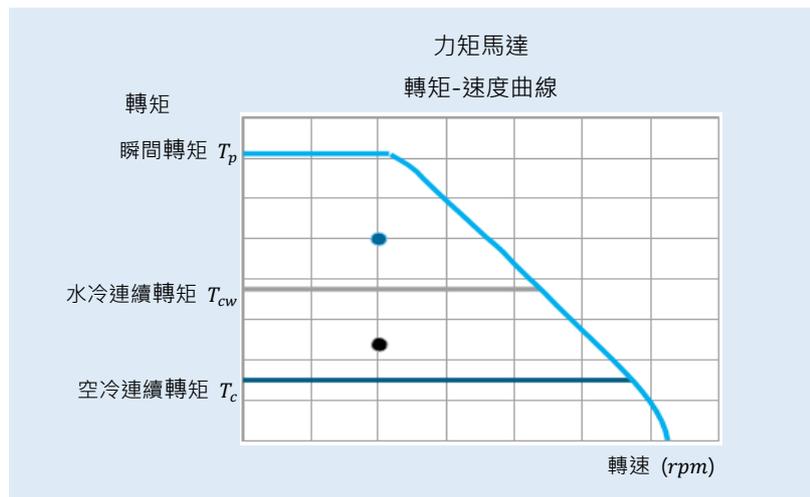
在大部分的應用案例，運動方式常是週期性的運動。假設一週期性運動，其中 t_4 為運動完的停留時間，該週期運動的等效轉矩計算如下式：

$$T_e = \sqrt{\frac{(T_j + T_f)^2 \times t_1 + T_f^2 \times t_2 + (T_j - T_f)^2 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$



STEP 3 馬達選用與轉矩-速度曲線確認

透過 HIWIN 型錄的馬達規格表，使用者可以由瞬間轉矩及等效轉矩需求選擇適合的馬達，並確認所有使用條件的速度與轉矩都位於該馬達的轉矩-速度曲線範圍內。



馬達選用判斷式如下：

$$T_{max} < T_p$$

$$T_e < T_c$$

使用者須考慮等效轉矩與連續轉矩的比值，通常其比值 (T_e/T_c) 建議設計在 0.7 以內；其中 TMRW/TM-5 系列連續轉矩分為空冷與水冷，若馬達搭配水冷使用，其比較可依水冷連續轉矩為準。

可參考第 3.3.6 節查閱關於溫升計算有更詳細的說明。

注意事項：

規格書提供之轉矩-速度曲線為特定電壓下，不考慮軸承以及位置回授系統之速度限制定義之，客戶選型時也應設定整機之最高轉速限制，避免軸承壽命或位置回饋系統異常導致馬達運轉異常或損壞。

3.3.6 馬達熱計算

3.3.6.1 熱損失

馬達將電能轉換為動能過程中勢必產生銅損、鐵損及機械損失，其中銅損為電流流經馬達定子線圈時因電阻而產生之損失；而鐵損則分為磁滯損及渦流損，該損失由定子鐵心與轉子磁鐵間磁場轉換而生；機械損失一般遠小於銅、鐵損，故忽略不計。

連續轉矩下之銅損計算方式如下：

$$P_c = \frac{3}{2} R_{25} \{1 + [\alpha(\theta_c - 25)]\} I_c^2$$

P_c = 線圈溫度在 θ_c 時的銅損[W]

R_{25} = 線圈溫度在 25°C 時的線間電阻[Ω]

α_{25} : 銅線在 25°C 時的溫度係數 ($\alpha_{25} \doteq 0.003844$)

I_c = 線圈溫度在 θ_c 時的連續電流[Arms]

θ_c = 線圈溫度 [°C] (TMRW 系列為 120°C · TM-5/IM-2 系列為 130°C)

而馬達鐵損主要是因換相過程之磁通變化所產生，其中頻率影響甚大。因馬達轉速與頻率成正比，高轉速時鐵損會更加顯著；HIWIN 力矩馬達因轉速低，故鐵損相對小於銅損。HIWIN 圖面與規格書標示之轉速值為馬達瞬間可達到的最高轉速。在高轉速連續運轉狀況下，需計算轉子因鐵損產生之熱能。此時馬達損失急遽升高，須適當調整運轉條件或對轉子做散熱措施，以免產生過熱情況。

馬達鐵損主要是因渦電流及頻率所產生，隨著轉速越高其頻率成正比，此時鐵損會更加顯著。

$$P_{Fe} \propto f^2$$

P_{Fe} = 鐵損[W]

f = 頻率[Hz]

而頻率定義為：

$$f = \frac{n \cdot 2p}{120}$$

n = 轉速[rpm]

$2p$ = 總極數

熱損失主要藉由熱傳導將線圈及鐵心的損失傳至馬達外殼，以自然空冷為例，損失熱源會從外殼與空氣接觸之表面藉由熱對流傳至外界環境，以及藉由熱輻射和熱傳導由客戶安裝面將熱導出；以水冷為例，損失熱源會藉由熱傳導從熱源中心傳遞至冷卻水中，因冷卻水對流熱傳係數遠高於空氣，故忽略熱源藉由對流傳至空氣之效應。TMRW 系列之散熱方式可選用水冷或自然空冷形式而 TM-5 以及 IM-2 系列之散熱方式以水冷為主，請確保使用的參數與規格書相同，並注意線圈溫度最高不可超過 120°C. (TM-5、IM-2 為 130°C). 若有其他應用方式請洽 HIWIN。

3.3.6.2 連續運轉溫度

馬達線圈穩態溫度是依銅、鐵損比例而定，一般轉速低時，可不考慮鐵損。馬達總損失及額定連續轉矩 (T_c) 皆以平衡線圈最高溫度時所定義，其中 TMRW 為 120°C，而 TM-5、IM-2 為 130°C。當等效轉矩 (T_e) 小於額定連續轉矩 ($T_{c(w)}$) 時，馬達線圈各種操作狀況下的穩態溫度可藉由下列公式估算。

此時額定連續電流需依散熱條件帶入 I_c (空冷) 或 I_{cw} (水冷)。

當操作電流低於額定電流時 ($I_e \leq I_{c(w)}$)，其溫度與轉矩之關係為

$$\theta_e = \theta_{surr} + \left(\frac{I_e}{I_c}\right)^2 (\theta_{cont.} - 25)$$

$\theta_{cont.}$ = 額定條件下線圈穩態溫度 (TMRW: 120 / TM-5、IM-2: 130) [°C]

θ_e = 等效轉矩下之線圈穩態溫度 [°C]

θ_{surr} = 環境溫度 [°C] (空冷時依周遭溫度/水冷時依進水溫度)

I_e = 實際操作之等效電流 [A_{rms}]

$I_{c(w)}$ = 額定連續電流 [A_{rms}]，與散熱條件有關。

I_p = 瞬間電流 [A_{rms}]

T_e = 實際操作之等效轉矩 [Nm]

$T_{c(w)}$ = 額定連續轉矩 [Nm]，與散熱條件有關。

T_p = 瞬間轉矩 [Nm]

實際馬達在使用時，輸出轉矩與電流的比值會隨著電流的提高導致鐵心飽和，而從線性關係轉為非線性，導致電流的估計不易，雖然此關係無法直接採用一個方程式描述，但依照圖 3.3.2，電流可依下列條件進行估算：

Case A : ($T_e < T_c$) 相當於 ($I_e < I_c$)

$$I_i = I_{cw} \times \frac{T_i}{T_{cw}}$$

Case B : ($T_c < T_e < T_p$) 相當於 ($I_c < I_e < I_p$)

$$I_i = I_{cw} + \frac{(T_i - T_{cw})(I_p - I_{cw})}{T_p - T_{cw}}$$

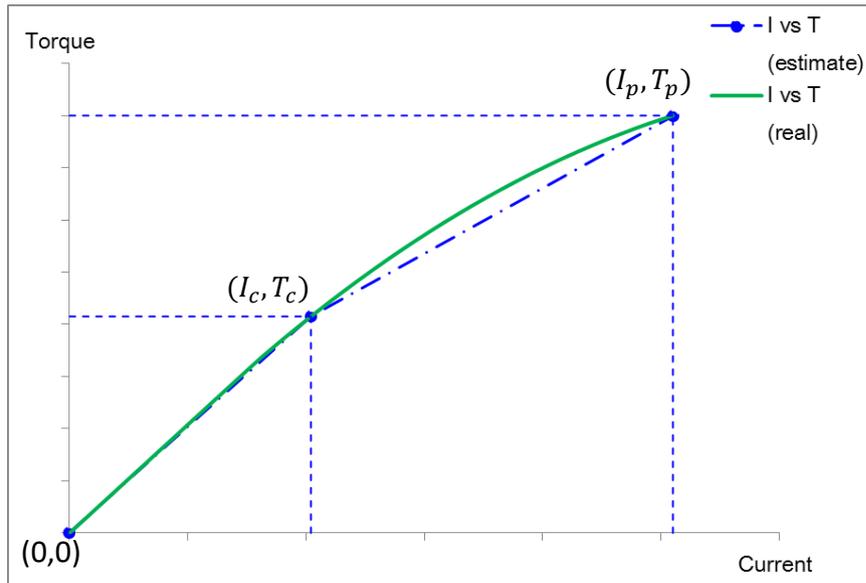


圖 3.3.2 電流與轉矩的曲線關係

3.3.6.3 熱時間常數

馬達在運轉過程中其線圈溫度與熱時間常數有關。熱時間常數定義為溫度差達穩態溫度與起始溫度差之(圖 3.3.3)·達到熱穩態時間約為熱時間常數的 5 倍。

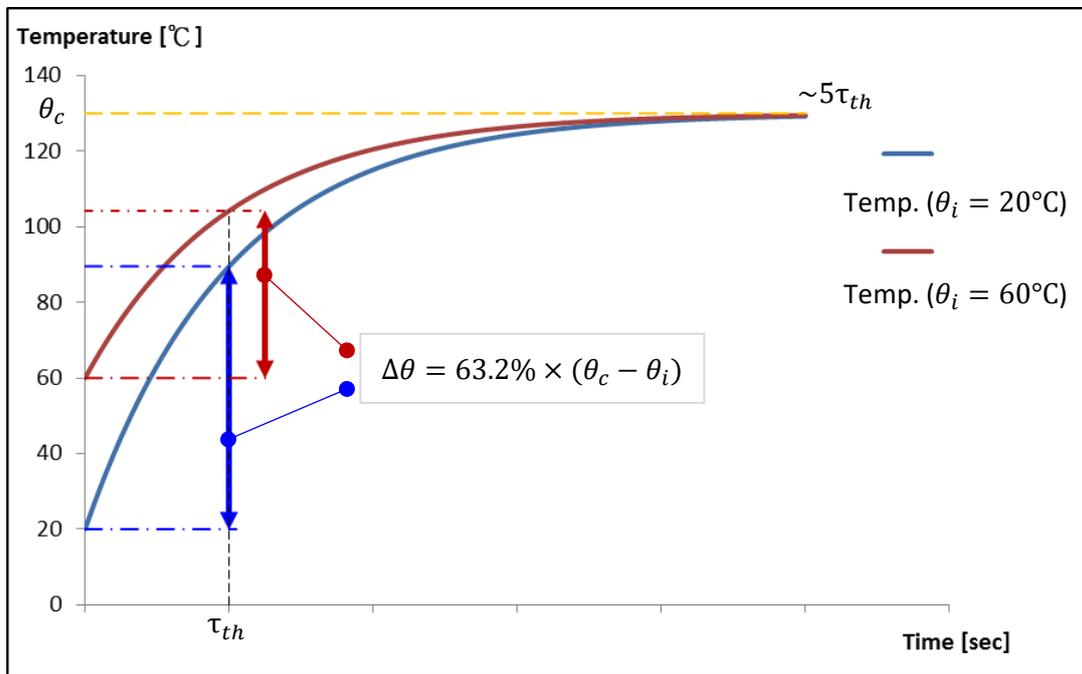


圖 3.3.3 馬達溫升曲線示意圖

熱時間常數與溫度之關係式為

$$\theta(t) = \theta_i + (\theta_c - \theta_i) \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{t}{\tau_{th}}\right)}\right)$$

$\theta(t)$ =線圈溫度[°C] (於操作時間 t)

θ_i =線圈初始溫度[°C]

t =操作時間[sec]

τ_{th} =熱時間常數[sec]

當操作電流介於額定電流與瞬間電流之間時 ($I_{c(w)} < I_e < I_p$)，須設定斷電休息時間使馬達冷卻，而上述之熱時間常數可應用於計算負載循環所需之時間。首先透過章節 3.3.6.2 利用實際操作之等效電流 (I_e) 求解等效電流下之線圈穩態溫度 (θ_e) 數值，再透過下列方程求解相對最大操作時間。

等效電流下之線圈穩態溫度 (θ_e) 與最大操作時間 (t_0) 之關係式為：

$$t_0 = -\tau_{th} \cdot \ln\left(1 - \frac{\theta_c - \theta_i}{\theta_e - \theta_i}\right)$$

t_0 =最大操作時間[sec]

註：此處額定電流之線圈溫度 (θ_c) 不可超過規定之上限值。

(TMRW series 為 120°C，TM-5 / IM-2 為 130 °C)

線圈溫度與斷電休息時間關係式為：

$$t_b = -\tau_{th} \cdot \ln\left(1 - \frac{\theta(t_b) - \theta_c}{\theta_{surr} - \theta_c}\right)$$

$\theta(t_b)$ =欲冷卻之線圈溫度[°C] (於斷電休息時間 t_b 後)

t_b =斷電休息時間[sec]

以上兩式可決定馬達操作時之負載循環所需的時間分配。

3.3.6.4 堵轉條件

當馬達轉速極慢(包含不轉)的情況下，會造成馬達處於內部電流換相速度很慢的狀態，此時電流會累積於馬達內部的某幾組線圈內，若此時採用連續電流持續使用，最終會導致散熱不及使得馬達過熱。

概念如下圖 3.3.4：

- a. 箭頭想像是馬達周圍散熱的水流，單位時間可以流出的熱量固定。
- b. 當馬達處於堵轉時，溫度會集中於馬達某兩相或某一相線圈之中。
- c. 馬達周圍散熱的水流並無法針對熱點提昇，所以熱會持續累積在某些線圈裡面。

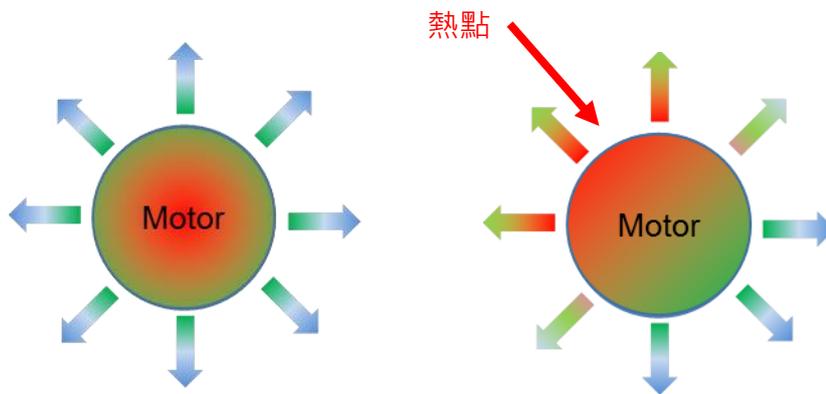


圖 3.3.4 正常運轉(左)·堵轉(右)

當馬達操作於電機頻率低於 1 Hz 時，視為堵轉；電機頻率、轉速與極數關係如下：

$$n = \frac{120f}{2p} [rpm]$$

n= 轉速 [rpm]

f=電機頻率[Hz]

2p=總極數

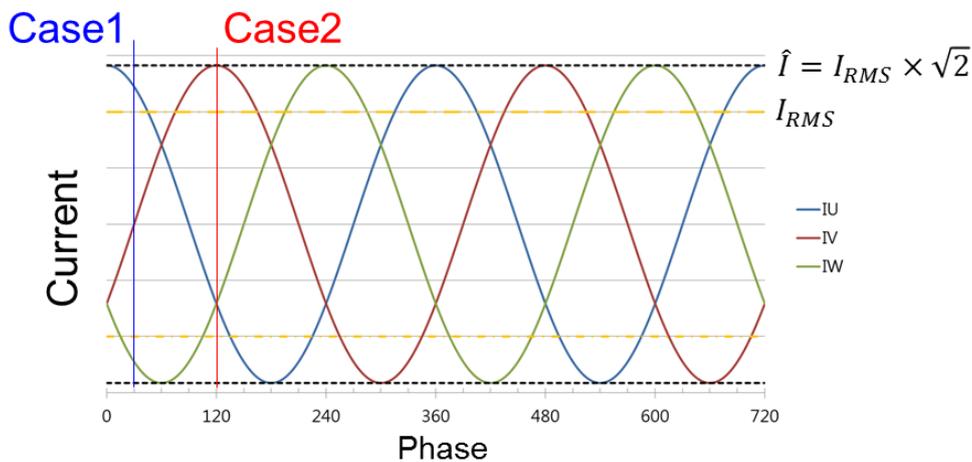


圖 3.3.5 馬達中在不同相位下的電流值

如前面所述，當馬達轉速極低，操作於堵轉條件時，電流將會在兩相或單相上超出每相可以承受的連續電流如圖 3.3.5，必須適度下修馬達的操作電流避免過熱產生，在堵轉的狀態下有兩個邊界，在任意電機角下，電流必定會介於於下列兩種 Case 之間：

Case1：在某兩相超過額定電流值（範例為 U, W 相）

→ 電流需下修至 **81%**連續電流($\frac{1}{\sqrt{1.5}}$)

→ 修正電流： $I_{phase_U} = I_{phase_W} = \frac{1}{\sqrt{1.5}} I_{c(w)}$

Case2：單相超過額定電流值. (範例為 V 相)

→ 電流需下修至 **70%**連續電流($\frac{1}{\sqrt{2}}$)

→ 修正電流： $I_{phase_V} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{c(w)}$

堵轉在應用以及計算上容易被使用者忽略，若遇到馬達轉速低於表 3.3.1 時，必須視為堵轉條件審慎評估運轉條件並做好電流與溫度的監控，避免馬達因過熱而損壞。

表 3.3.1 HIWIN 力矩馬達之堵轉轉速

TMRW	TM-5	IM-2	Speed [rpm]
TMRW1x, TMRW2x, TMRW4x	TM-5-1x, TM-5-2x	IM-2-2x	5.45
-	-	IM-2-4x	3
TMRW7x	TM-5-4x, TM-5-7x	-	2.73
-	TM-5-A, TM-5-Dx	-	2
TMRWax	-	IM-2-Ax	1.82
-	TM-5-Gx	-	1.71
TMRWDx, TMRWGx	-	IM-2-Gx	1.36

3.3.7 冷卻相關

3.3.7.1 水冷系統計算

HIWIN 水冷式馬達圖面與規格書標示之馬達特性為水冷狀況，且冷卻液溫度為 20°C，若冷卻液溫度低於 20°C 時連續電流可能大於型錄規格值，但仍須注意電源線對應之額定電流；若冷卻液大於 20°C 則連續電流必須下修避免過熱，若有以上使用需求請洽 HIWIN；力矩馬達亦可使用油冷，此時馬達性能可能需視冷卻液的特性做適當調整。馬達規格書標示之冷卻條件，為馬達定子之連續轉矩條件下之連續運轉狀況，確保線圈溫度控制在 120°C 以下之最低條件 (TM-5、IM-2 為 130°C)。若馬達實際操作的等效轉矩低於規格書所標示之連續轉矩，其冷卻水流量得以調降以免消耗多餘泵功，冷卻條件可依下述公式適當調整。

以下公式可根據馬達功率損失的不同調整水冷系統邊界條件：

當使用者的操作條件在等效轉矩小於連續轉矩 ($T_e < T_{cw}$) 之下，欲決定客戶端所需調整的冷卻液流量，透過下列方程式求解與等效轉矩相對應的冷卻液流量。

$$P_e = \frac{p_c}{\left(\frac{T_{cw}}{T_e}\right)^2}$$

$$P_e = 69.7 \cdot q_e \cdot \Delta\theta$$

P_e = 等效轉矩下之馬達總損失 [W]

$\Delta\theta$ = 馬達進出水口溫度差 [°C]

q_e = 冷卻液流量 [l/min] (於等效轉矩條件下)

進出水口壓差 (ΔP_{eff}) 與冷卻液流量有關 (q):

$$\Delta P_{eff} = \Delta P \cdot \frac{q_e}{q}$$

ΔP_{eff} = 進出水口壓差 [bar] (於等效轉矩條件下)

ΔP = 進出水口壓差 [bar] (規格書標示)

q = 冷卻液流量 [l/min] (規格書標示)

⚠ 注意



各規格水冷式馬達適用的最低流量標示於馬達規格書中。

如調降馬達冷卻水流量至標示最低流量的 70% 以下使用時，請洽 HIWIN 確認

■ 範例 1

馬達型號 TMRWAF 規格書中標示，在水冷散熱條件時的連續轉矩 (T_{cw}) 為 1290 Nm，功率損失 (P_c) 為 8262 W，冷卻液流量 (q) 為 23.7 l/min，進出水口壓差 (ΔP) 為 3 bar。若連續轉矩只使用到 600 Nm，且馬達冷卻液進出口溫度差欲控制在 6°C，水冷系統之冷卻液流量 (q_e) 及進出水口壓差 (ΔP_{eff}) 應為多少？
 [$v_{water} = 10^{-3}(m^3/kg)$]

$$P_e = \frac{p_c}{\left(\frac{T_c}{T_e}\right)^2} = \frac{8262}{\left(\frac{1290}{600}\right)^2} = 1787(W)$$

$$1787 = 69.7 \times q_e \times 6$$

$$q_e = 4.27(l/min)$$

$$\Delta P_{eff} = \Delta P \cdot \frac{q_e}{q} = 3 \times \frac{4.27}{23.7} = 0.54(bar)$$

表 3.3.2 為標準操作參數與使用者操作參數的差異比較。

表 3.3.2 冷卻操作參數差異表 (範例 1)

參數 (水冷情況下)	標準情形 (Datasheet)	使用者情形 (User)
轉矩 (T)	1290 Nm	600 Nm
能量損失 (P)	8262 W	1787 W
進出水口溫差 ($\Delta\theta$)	5°C	6°C
冷卻液流量 (q)	22 l/min	4.27 l/min
進出水口壓差 (ΔP)	3 bar	0.54 bar

3.3.7.2 冷卻液選擇

客戶需自行準備冷卻液，HIWIN 力矩馬達必須使用具防鏽蝕劑的冷卻液。HIWIN 力矩馬達之設計與測試性能皆以純水作為量測基準，若客戶採用油作為冷卻液，相同流量所能帶走的熱將會減少，必須適度的降低馬達使用功率，相關訊息也可諮詢 HIWIN。

冷卻液必須預先經過處理與過濾，避免阻塞冷卻迴路，其中冷卻液中顆粒最大容許尺寸為 100 微米，且不可結冰。如採用未經處理的水可能會因為沈積、藻類生長或黏滯物的形成以及腐蝕而導致故障或損壞，例如：導熱性能下降、截面積縮小的壓損以及各種部件的堵塞；而對於水質至少須滿足以下要求：

1. 氟化物與硫酸鹽需小於 100 ppm。
2. 礦物鹽溶質小於 2000 ppm。
3. $6.5 \leq \text{pH 值} \leq 9.5$
4. 與 O-rings 材質相容(表 5.1.7)

而若添加抗腐蝕劑(基本原料為乙二醇單乙醚)，不可與水產生離析反應且所達結冰點需至少達 -5°C ，抗腐蝕劑需與接頭、冷卻系統包含馬達所用之 O 型環等材料相容，務必與添加劑供應商確認！一般建議添加濃度不可超過 50%。

除了油之外，添加各式溶劑於水中也會導致其比熱容(C_p)下降 (請與供應商確認性質)，需適度降低馬達使用功率，例如乙二醇作為添加劑時參考如下表 3.3.3：

表 3.3.3 乙二醇與水混合之比熱容濃度與溫度關係

乙二醇濃度 (重量%)	比熱容 C_p (KJ/kg K)			
	溫度			
	0°C	10°C	20°C	30°C
0	4.203	4.195	4.189	4.185
10	4.071	4.079	4.087	4.096
20	3.918	3.935	3.951	3.968
30	3.764	3.807	3.807	3.828
40	3.595	3.647	3.647	3.674
50	3.412	3.473	3.473	3.504

註：最好將水與適當離子中和劑混合而不是直接與乙二醇混合，可以有限制腐蝕以及減少堵塞風險的好處。

■ 範例 2

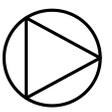
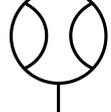
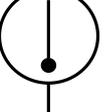
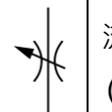
這裡可以根據範例 1 的電機條件延伸計算。假設客戶只使用混合 20%乙二醇的水作為冷卻劑，則必須考慮熱容降低的影響，需要增加流量以保持單位時間內的散熱量。從表 3.3.4 可以看出，在 20°C時純水的熱容為 4.189 (KJ/kg K)，而混合 20%乙二醇的水熱容為 3.951 (KJ/kg K)

$$q_e = \frac{4.189}{3.951} \times 22 = 23.3 \text{ (l/min)}$$

表 3.3.4 冷卻操作參數差異表 (範例 2)

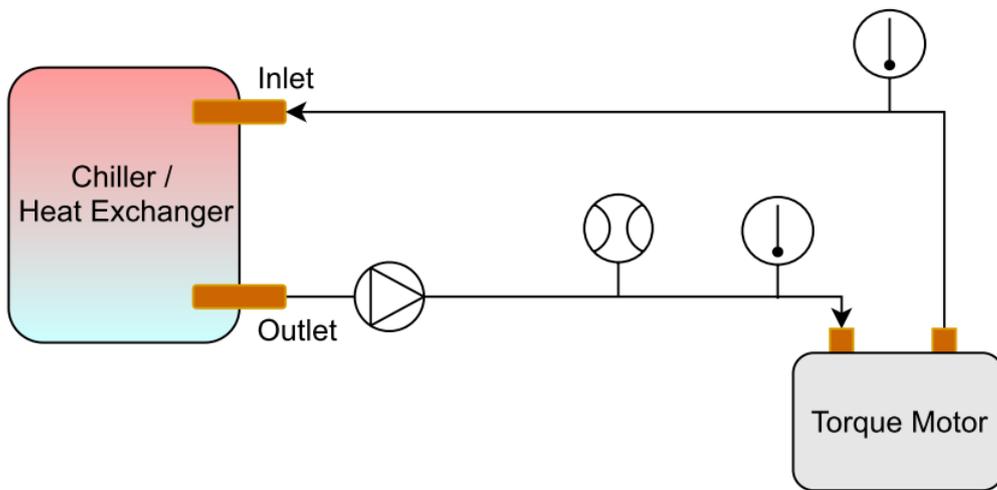
參數 (水冷情況下)	標準情形 (Datasheet)	使用者情形 (User)
轉矩 (T)	1290 Nm	1290 Nm
能量損失 (P)	8262 W	8262 W
進出水口溫差 ($\Delta\theta$)	5°C	5°C
冷卻液流量 (q)	22 l/min	23.3 l/min
冷卻液	純水	水混合 20% 乙二醇

3.3.7.3 冷卻管路圖

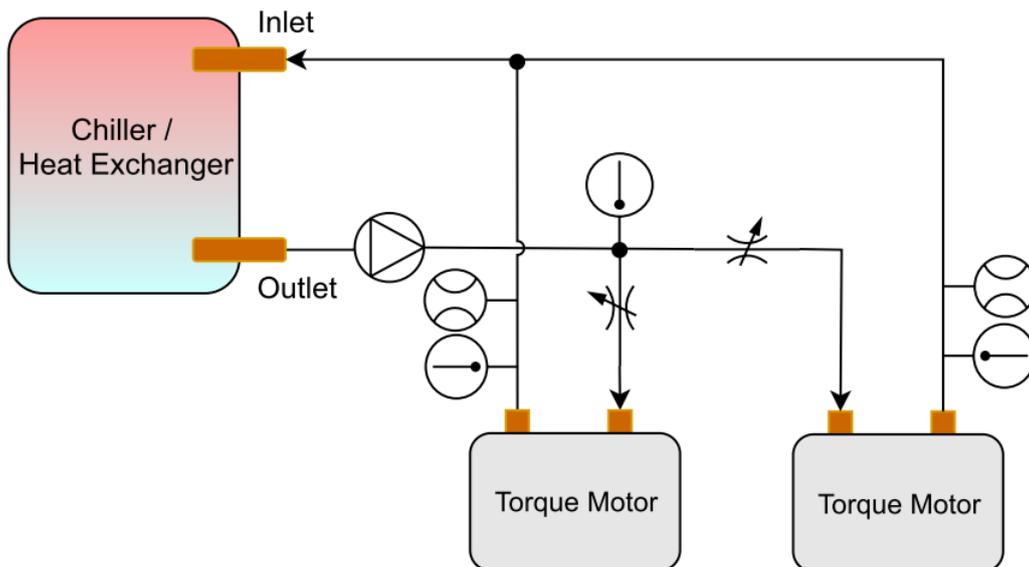
	泵		流量計		溫度計		流量控制 (可調式)
---	---	---	-----	---	-----	---	---------------

此部分顯示簡單的水冷卻管路圖。

a. 單顆力矩馬達

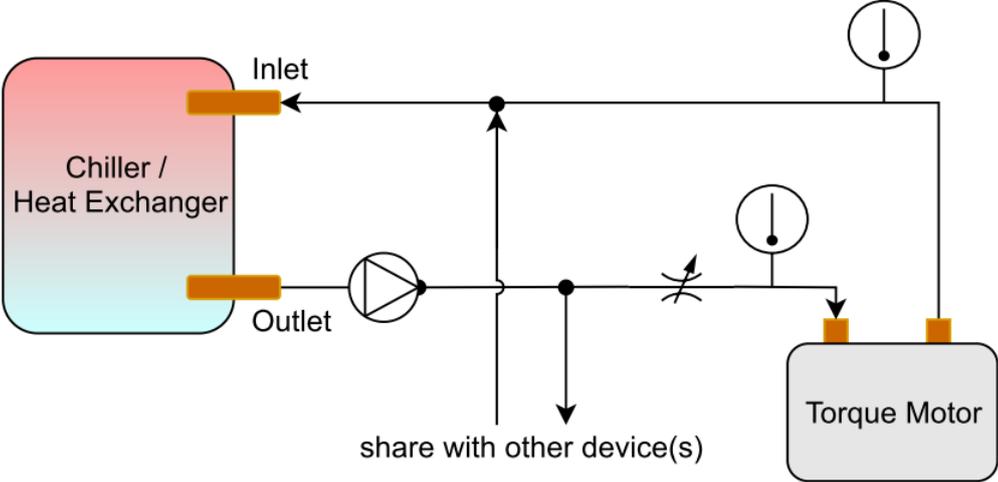


b. 兩組力矩馬達並聯使用冷卻管路



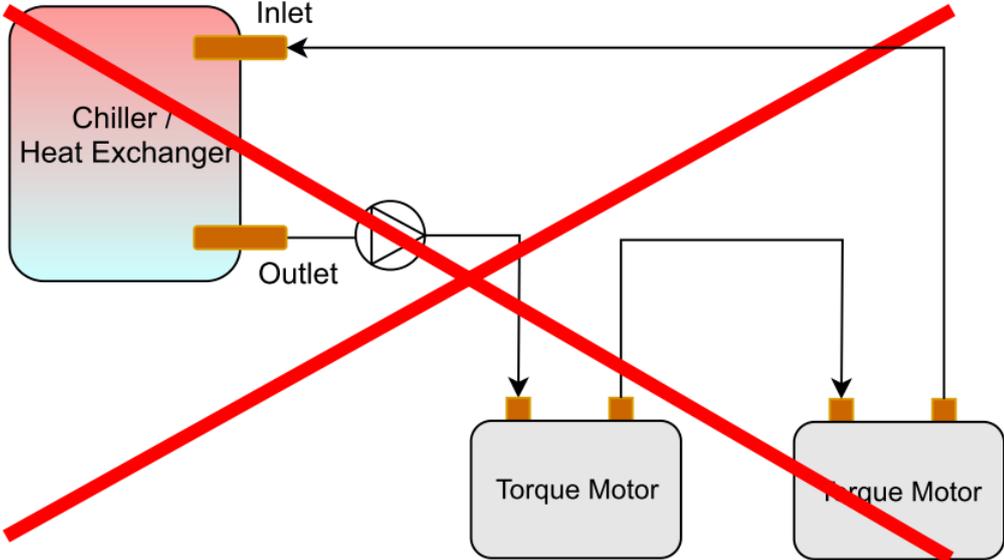
c. 與機器其他元件共用冷卻管路

在任何情況下，與其他元件共用冷卻管路時必須監控以及調整流量。



d. 串聯管路

絕對不可採用串聯管路!



3.4 驅動評估事項

3.4.1 電源供應以及控制器選用注意事項

選擇電源供應器時，必須考慮連續電流、瞬間電流以及匯流排電壓。此外，也必須考慮某些驅動系統可能在馬達中引起的共振效應。馬達由幾個單獨的線圈串聯而成。這些線圈中的每一個線圈都有一個電感串聯和對地的雜散電容。構成的 LC 迴路具有諧振頻率，因此當在馬達相輸入端（尤其是相位）上施加振盪電源時（特別是 PWM 頻率），馬達的中性點將會對地產生高電壓，而這些振盪電壓會損壞絕緣層。這種現象更多在帶有很高極數的馬達中，例如力矩馬達會很明顯。

在理想情況下，電源產生的 $600V_{DC}$ 總線電壓應介於相對地為 $\pm 300V_{DC}$ 。但在某些配置中，總線之間的電壓對地會有振盪電壓產生，而高壓之峰值會傳輸到馬達。電壓和接地之間的振盪取決於系統特性。根據經驗，系統在軸數不多的情況下不太容易產生干擾振盪，但例如在具有許多軸和多個主軸的大型機床，其振盪可以達到高振幅。如果這些振盪頻率接近馬達的電機共振頻率，可能導致過電壓中性點上的故障。

而另一種情況，也可能導致過電壓故障。PWM 頻率與控制器的頻率恰好對應於馬達的電機共振頻率。在這種情況下，PWM 頻率將直接激發電動機的共振頻率，在中性點上產生高電壓。此外由於 PWM 電壓波型是方波，因此波形包含奇次諧波（1、3、5、7 等）也可以激發電機共振。

總而言之，為防止發生任何故障，設計者必須考慮上述兩個因素：總線對地電壓振動以及 PWM 頻率。如果以上兩個要素均未引起馬達電機共振，那麼就沒有馬達受高壓擊穿風險。

在電源供應器的選擇需要注意以下條件：

電源產生的峰值電壓和 dV/dt 梯度不得超過以下值：

- 300 V_{DC} 控制器：750 V_p （相對地），電壓梯度：8 $kV/\mu s$ 。
- 600 或 750 V_{DC} 控制器：最大 1050 V_p （在 PWM 頻率下），電壓梯度：11 $kV/\mu s$ ，如圖 3.4.1 與表 3.4.1 所示。

控制器與馬達之間的電纜線會由於電纜線與馬達阻抗不匹配產生反射波，其反射電壓會與後來的輸入電壓產生疊加，導致電壓上升，此現象在馬達電纜線越長的情況下會越明顯；如果控制器和馬達之間的電纜長度超過 10 米，則必須進行測量並確保馬達端子上的電壓低於上述規定。如果測量數值超出規範，則必須在控制器和馬達之間插入一個 dV/dt 濾波器以進行保護。

關於這種電壓震盪 (Voltage oscillation) 的現象詳細說明可以參考章節 3.4.2 與 3.4.3。

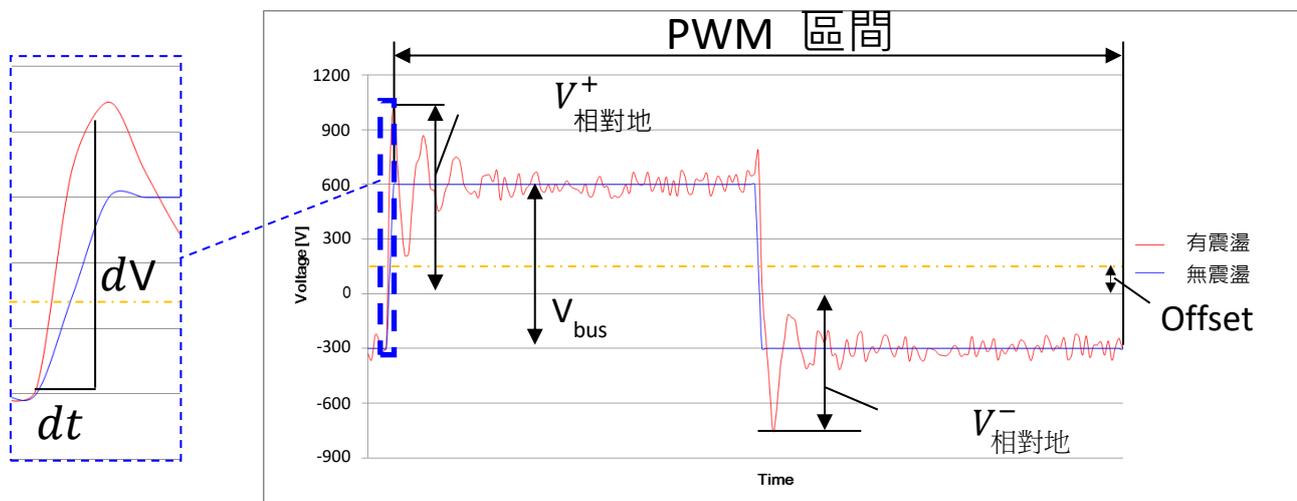


圖 3.4.1 電壓振動示意圖 (600/750 V_{DC} 控制器)

表 3.4.1 電源線和中性點之電壓限制 (TMRW / TM-5 / IM-2)

項目	600/750 V_{DC} 控制器
V_{bus}	Max. 750
$ V_{peak. to ground}^+ $	< 1050 V_p (相對地) @ PWM 切換頻率
$ V_{peak. to ground}^- $	< 1050 V_p (相對地) @ PWM 切換頻率
電壓梯度 $ dV/dt $	< 11kV/ μ s (瞬間) 若瞬時電壓梯度難以求得，可用下式估算(如圖 3.4.2)： $ dV/dt = (90\%V_{pp} - 10\%V_p)/t_r $

3.4.2 電纜線電壓反射現象

電磁波在導線中傳遞時，實際上沿著導線會有電壓以及電流的變化，在線長相對於波長來看很短時，可忽略此現象將整條線視為相同電壓，但當電磁波的頻率夠高時，波長會變得很短，在這個情況下電壓在電纜線中的就會有明顯的分佈，而此時該導線之電壓分佈必須使用傳輸線理論計算。而在傳輸線理論中，電被視為電磁波傳遞於電纜線中，傳遞中阻抗的不匹配將會導致入射反射現象，這個現象在使用馬達時更容易產生，原因是馬達的阻抗相對大於電纜線，進而產生反射電壓而與入射電壓波形疊加。

此現象會根據電壓訊號的上升時間長短而受到影響，根據 IEC61800-8 中所述，一般常見的上升時間 t_r 為 50ns 至 1 μ s (定義如圖 3.4.2)，根據電纜線的特徵電感以及特徵電容計算出傳遞波速 v 之後，則可以估算會產生最大反射電壓時的極限長度 l_{cr} ：

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \quad (\text{通常為 } 50 \sim 300 \text{ m}/\mu\text{s})$$

$$l_{cr} = \frac{v t_r}{2}$$

v = 電纜線之傳遞波速

L_0 = 電纜線特徵電感

C_0 = 電纜線特徵電容

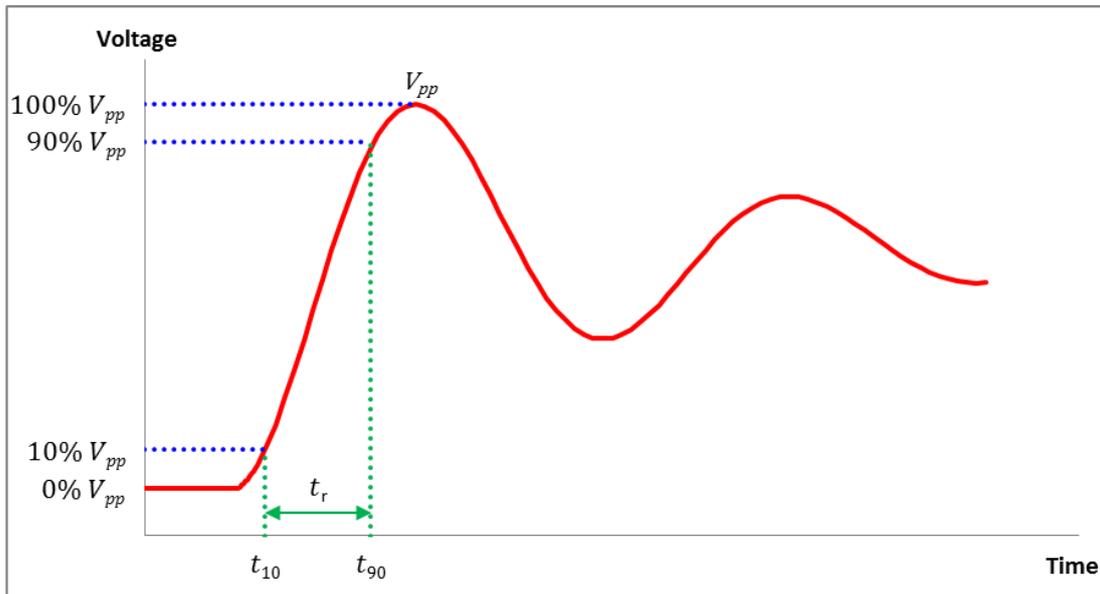


圖 3.4.2 上升時間 t_r

當取得 l_{cr} 之後，若馬達 Z_m 與電纜線 Z_0 的特徵阻抗為已知，則可以估算以下情形在馬達端會產生的最大電壓：

1. 當電纜線長度 l_c 超過 l_{cr} ：

$$V_{mot} = (1 + \Gamma) V_{inv}$$

2. 當電纜線長度 l_c 低於 l_{cr} ：

$$V_{mot} = \left(1 + \frac{l_c}{l_{cr}} \Gamma\right) V_{inv}$$

V_{mot} = 馬達端電壓峰值

V_{inv} = 控制器端輸出電壓峰值

Γ = 反射係數，取決於馬達電纜線與馬達之間的阻抗不匹配：

$$\Gamma = \frac{Z_m - Z_0}{Z_m + Z_0}$$

電纜線的特徵阻抗 Z_0 定義已十分明確，與電纜線的參數有關，例如前面所提到的 L_0 、 C_0 以及特徵阻抗 R_0 以及特徵導納 G_0 ，假設為無損電纜線，則 Z_0 可展開如下：

$$Z_0 \sim \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

但馬達的阻抗 Z_m 並不容易取得，只知道隨著馬達功率越大，阻抗 Z_m 就越低，反射係數也越低。當發生電壓反射而導致電壓過大時，最糟糕的情況是接近全反射 ($\Gamma \approx 1$) 導致 $V_{mot} \approx 2V_{inv}$ ，如圖 3.4.3、圖 3.4.4。

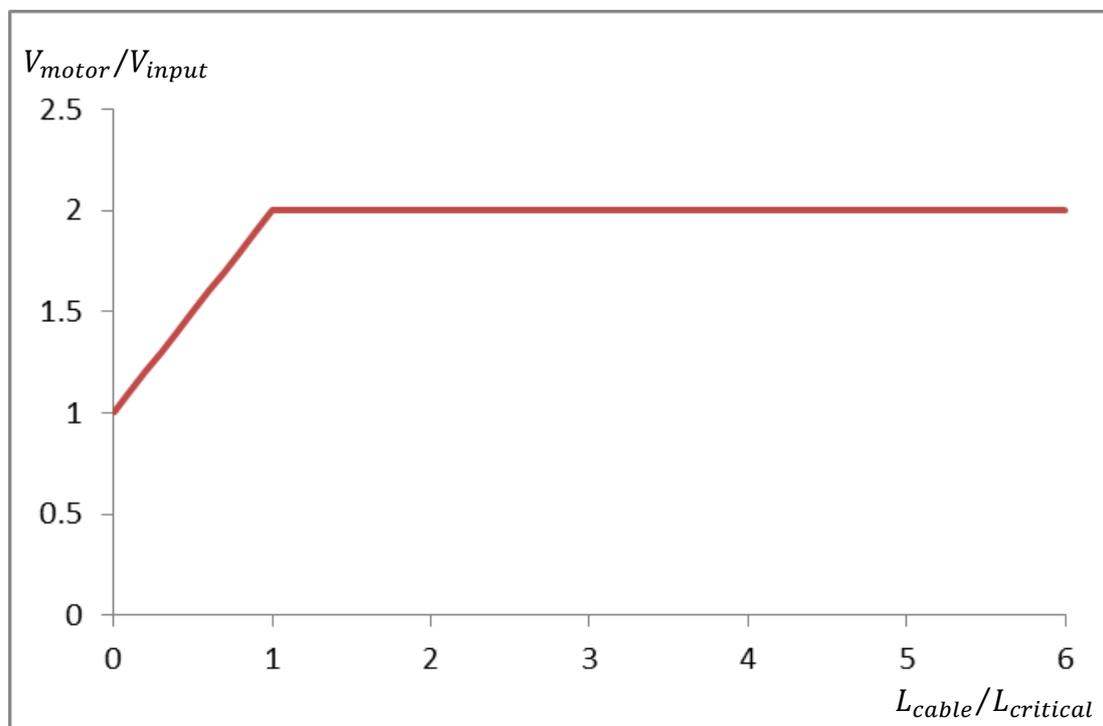


圖 3.4.3 將電壓放大比例與電纜線與極限長度比視為方程式之示意圖

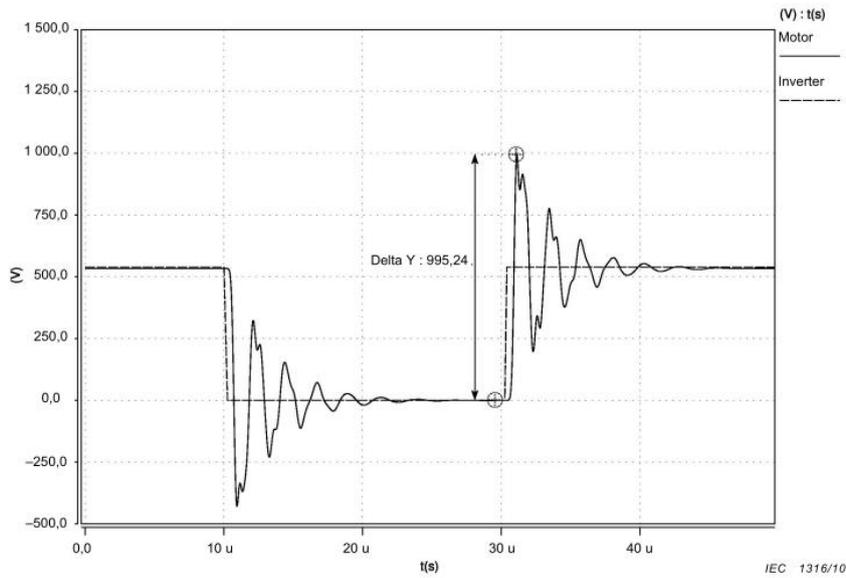


圖 3.4.4 範例為馬達使用 200m 長之電纜線，量測逆變器輸出電壓與馬達端電壓結果(IEC61800-8:2010)

除了提高輸入電壓的上升時間 以及盡可能縮短馬達線長之外，亦可以在馬達與控制器中間加裝濾波器 (dV/dt, sine wave, reactor, etc.) 來降低電壓梯度，減少電壓應力過大導致馬達絕緣失效的風險 (如圖 3.4.5、圖 3.4.6)，而一般濾波器供應商會要求濾波器之安裝距離控制器的位置，通常是越近越好。

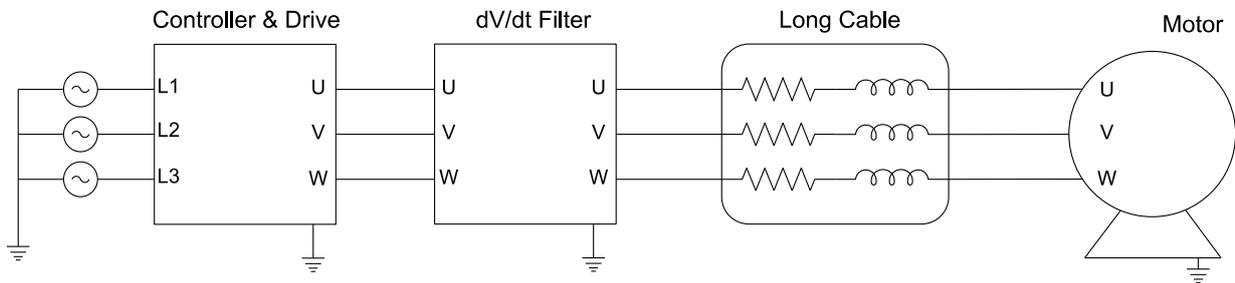
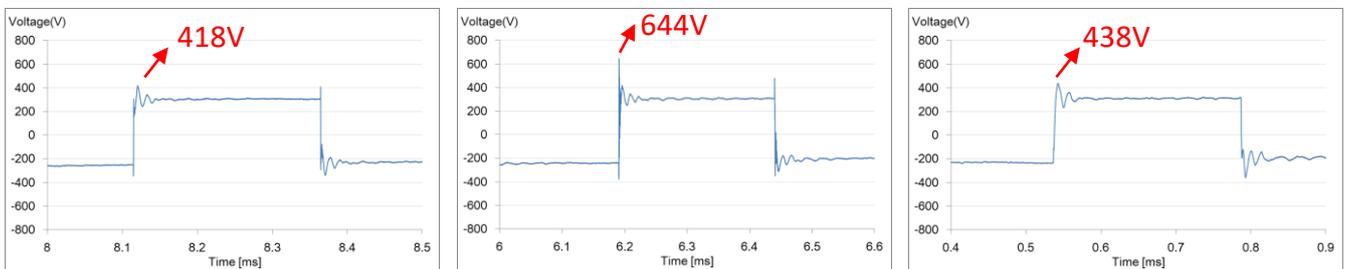


圖 3.4.5 dV/dt 濾波器配置圖



(a). Cable length 2m

(b). Cable length 23 m

(c). Cable length 23 m + dV/dt filter

圖 3.4.6 線長與馬達端對地電壓關係例圖

3.4.3 中性點震盪現象

當高切換頻率電壓輸入馬達端時，可將馬達視為電阻、電感和雜散電容組合而成之 RLC 電路，而中性點位於電路的最尾端，如圖 3.4.7，此時馬達對地電壓會在電路中產生震盪，並在中性點處產生最大值如圖 3.4.8；當輸入電壓頻率接近共振頻時，中性點附近線圈將會因持續產生的高對地電壓值導致絕緣破壞。

註：馬達在 Stall 狀態時此現象會更嚴重。

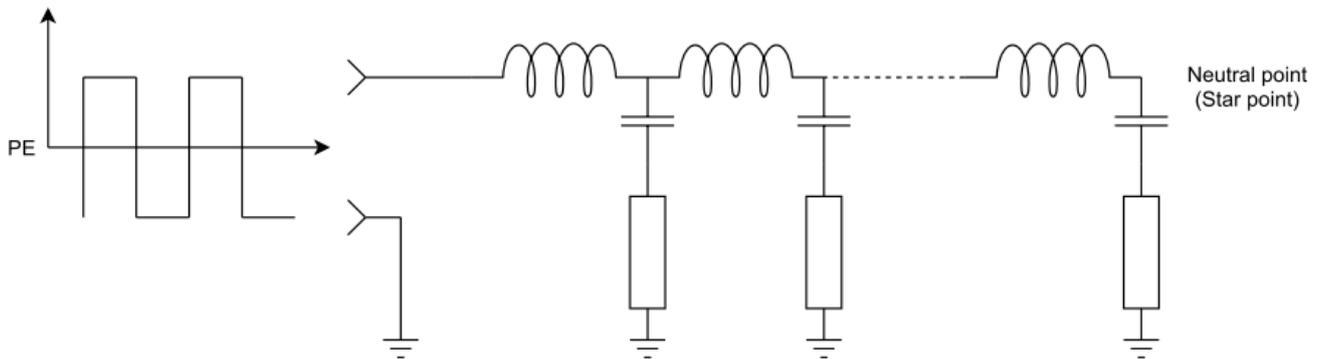
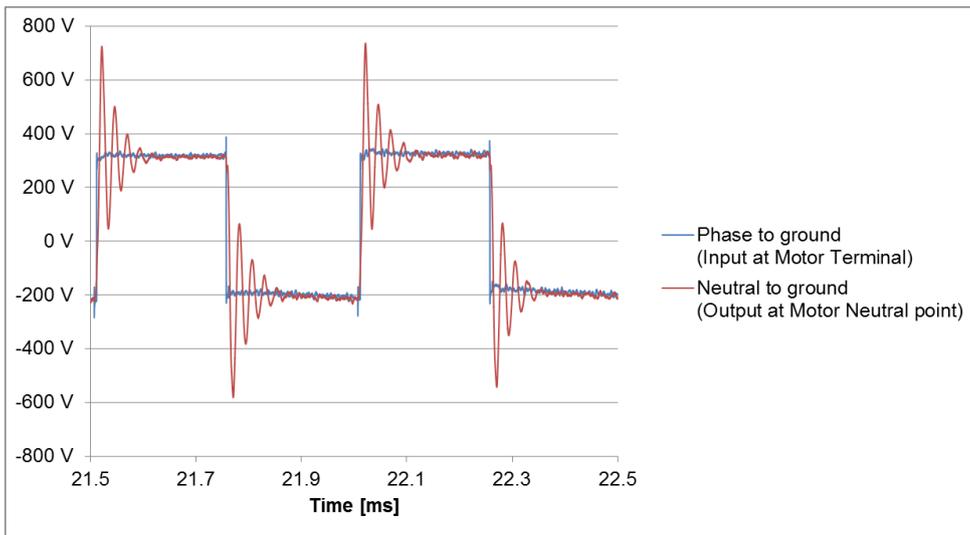


圖 3.4.7 等效簡化電路圖(網格)

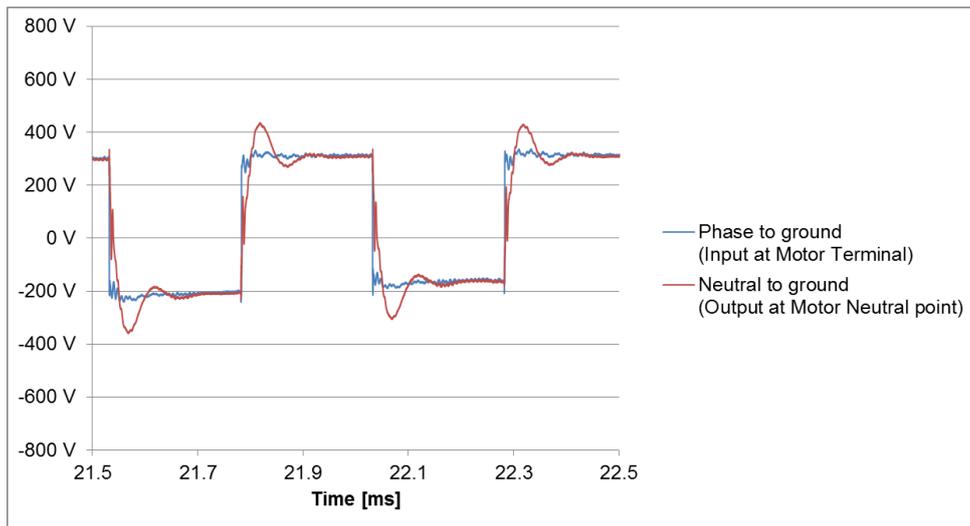
如圖 3.4.7 所示，從進入馬達端到中性點可以簡單視為一低通濾波器。而其性質取決於馬達類型與配線設計等，由於具有低通特性，且一般截止頻率會落於 20KHz~200KHz 以內，因此不可能被 Cable reflection 這種頻率大約落在 1~2MHz 的電壓所影響，所以位於中性點附近的絕緣破壞並不會是因為 cable reflection 或者 voltage gradient 所造成。當發生這種振盪現象時，如果有足夠的阻尼，即便在共振頻附近也不會產生太大的電壓振幅，但由於馬達內部自然阻尼通常不夠大來避免電壓峰值過大的產生，而在這種情況下，中性點會持續受到 PWM 頻率下電壓的衝擊直到絕緣破壞。一般在相同尺寸的馬達中修改不同的配線版本下，轉矩常數越大的設計通常會更容易造成此共振頻以及阻尼降低而使得中性點共振電壓峰值加大的現象。由於整個系統加上馬達要預估此共振現象是否會發生是很困難的，即便進入馬達前的相對地電壓滿足 3.4 中的要求仍然可能會在某些情況下在中性點產生對地的高電壓差，故除了 TM-5 系列馬達在 600 V_{DC} 控制器輸出電壓下能保證無馬達損壞風險外，其餘系列的馬達建議第一台設備先使用引出中性線的馬達並量測馬達激磁時的中性點對地電壓(如 3.4.4)，若實際量測該電壓並沒有對馬達絕緣破壞有任何風險，則後續的馬達中性線將可以忽略或者不拉出來。

在有風險的情況下，比較常見的處理方式為馬達引出中性線並加裝“Snubber”來抑制此電壓(效果如圖 3.4.8)，此裝置的使用方法依照不同供應商的“Snubber”原理而有不同配置方式(例圖 3.4.9)，並無法在此手冊中一一闡述。

註：關於量測後的電壓風險判斷以及對策亦可尋求 HIWIN 諮詢。



(a). 無 snubber



(b). 有 snubber

圖 3.4.8 中性點對地電壓 (a). 無 Snubber (b). 有 Snubber

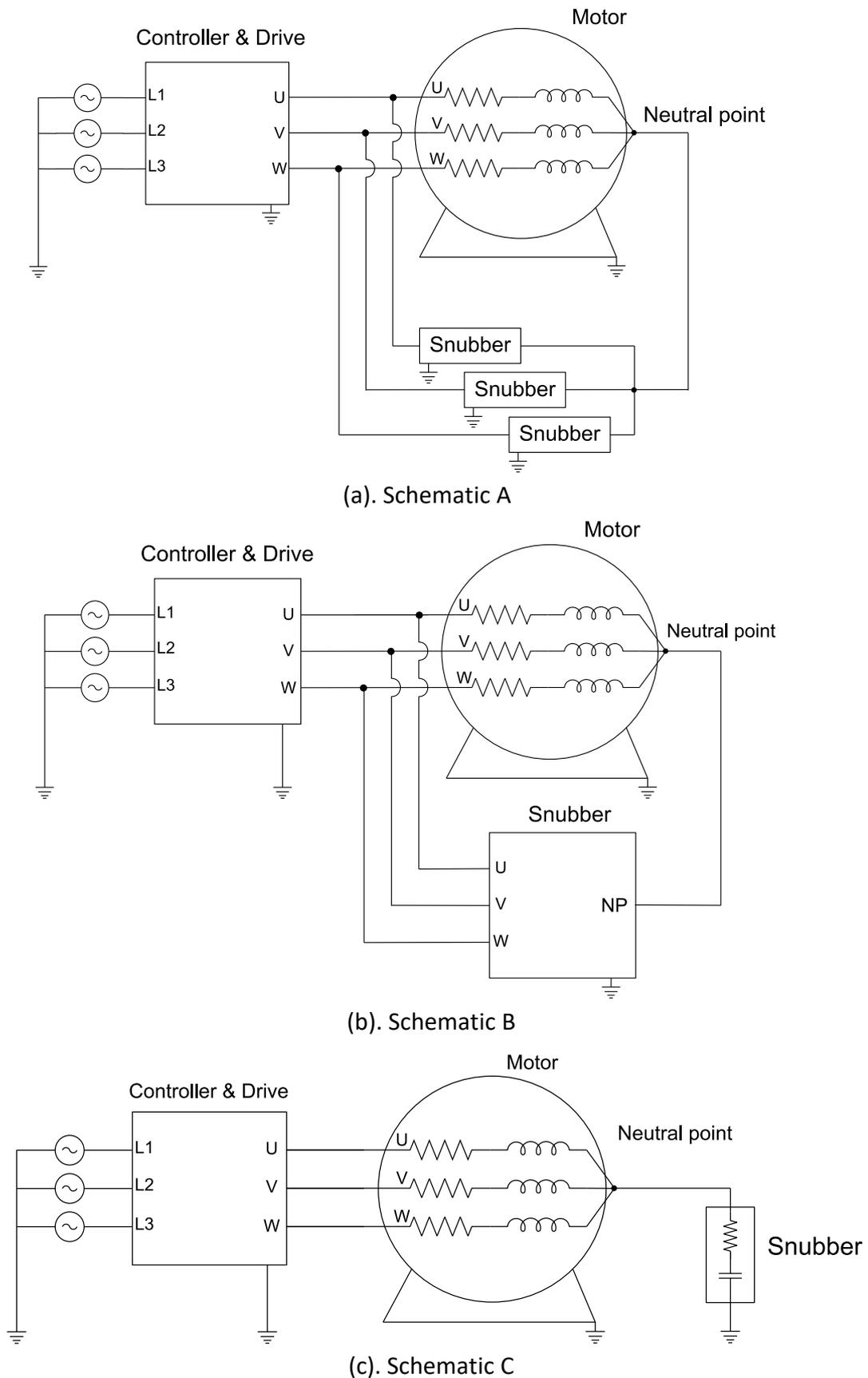


圖 3.4.9 可能的 Snubber 接線方式(可能還有其他未列出的接法)

3.4.4 中性點電壓量測

**危險****高壓危險!**

在組裝、拆卸和維修工作之前和期間，可能會流過危險電流。

- ◆ 工作只能由合格的電機工程人員在斷開電源的情況下進行！
- ◆ 對馬達系統進行作業前，請斷開電源並做好防護避免重新啟動！

■ 量測設備需求

- (1) 控制器
- (2) 馬達 (需拉出中性線)
- (3) 示波器 (頻寬 >150MHz)
- (4) 高壓差動探棒 (最大電壓 : $V_{pk-pk} \pm 1500V$, 頻寬 > 5MHz)

■ 電壓量測步驟

- (1) 斷開電源並做好防護避免重新啟動。
 - (2) 依接線示意圖 3.4.11 進行接線，使用高壓差動探棒搭接於以下兩點：
 1. 驅動器輸出端，量測相對地電壓。(定義為 CH1)。
 2. 量測中性點對地電壓(定義為 CH2)※ 對地量測點需相同位置。
 - (3) 為了安全起見，探棒搭接處須另外使用絕緣材包覆，例如絕緣紙、電工膠帶等。
 - (4) 接線完成後送電，對馬達進行激磁(不須旋轉)。
 - (5) 使用示波器觀察電壓波形，電壓波形範例(如圖 3.4.10)。
 - (6) 輸出電壓波形截圖，需擷取峰值電壓差並包含至少 5 個完整波形(如圖 3.4.10)
 - (7) 將電壓波形數據儲存成 CSV 檔，需包含兩個量測點同步的時間和電壓值數據。
 - (8) 若驅動馬達可能有不同的 PWM 切換頻率使用，需改變驅動器 PWM 切換頻率，依可能會使用的切換頻率皆進行量測並個別紀錄。
 - (9) 重複以上步驟依序量測中性點對地電壓。
- ※電壓波形擷取時需注意電壓可能有週期變化(如圖 3.4.10)，需取峰值電壓。
- ※激磁時馬達會發熱且處於堵轉狀態，量測時需開啟水冷機。
- ※須限制激磁電流不可大於堵轉電流。

■ 數據判讀

- (1) 紀錄驅動器輸出端量測點到馬達介面(靠近馬達安裝面)的總線長
- (2) 將電壓波形截圖與數據 CSV 檔提供給 HIWIN，由 HIWIN 協助判斷風險以及提供對策。

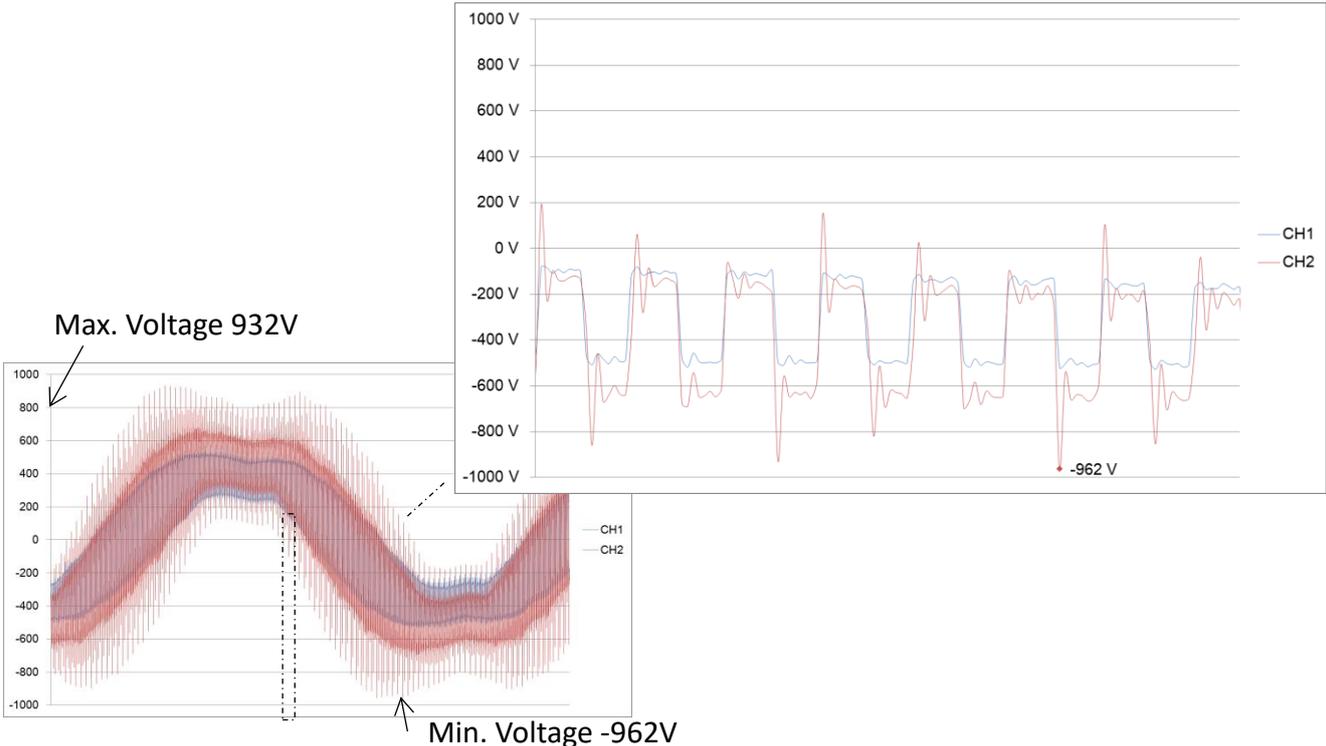


圖 3.4.10 電壓波形擷取示意圖

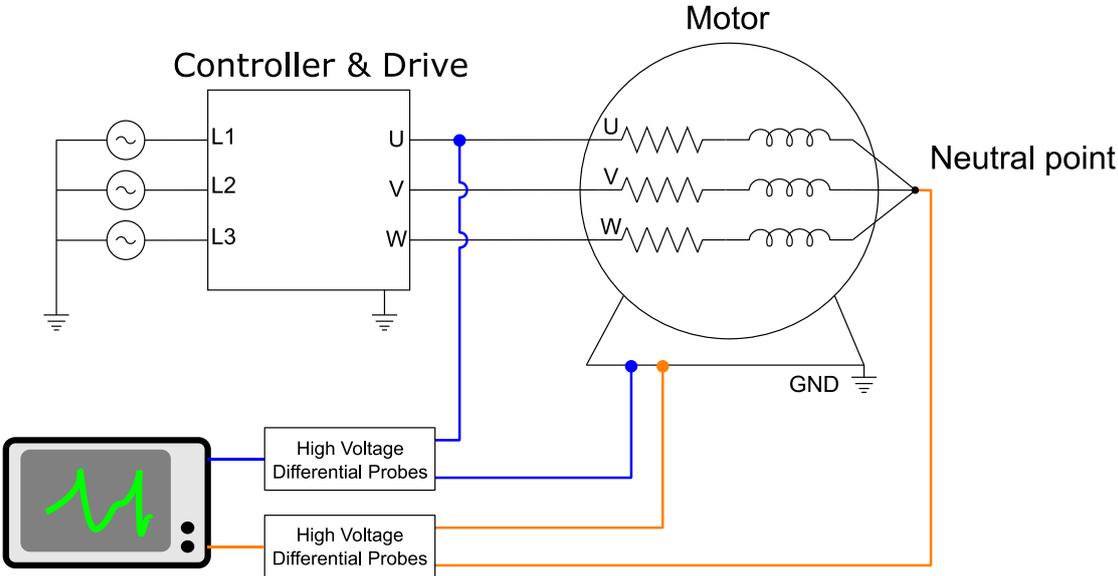


圖 3.4.11 中性點量測接線示意圖

4. 運送與安裝

4.	運送與安裝.....	4-1
4.1	輸送.....	4-2
4.2	運送至安裝位置	4-3
4.3	安裝位置之需求規格	4-5
4.4	儲存.....	4-7
4.5	開箱與設定	4-9

4.1 輸送

■ 運輸注意事項

1. 永磁體根據國際航空運輸協會(IATA)的危險編號為：UN2807，磁性物質。
2. 對於包含永磁體的產品在海運和公路運輸上不需要額外的包裝措施來抵抗磁場。
3. 採用空運包含永磁體的產品時，不能超過 IATA 包裝規定中指出的最大磁場強度；如果必要，需採取特殊措施，使其滿足產品的運輸要求。達到特定的磁場強度時，運輸包裝上要明確標明（下面列出參考 IATA 包裝條款中 953 的強磁場數值，如果與最新規範有落差，依規範為主）。
 - i、 距離貨物 4.6 米處，最大磁場強度超過 $0.418 A/m(0.525\mu T)$ 或超過 2° 的指南針偏差，該貨物必須獲得出口國家或空運企業所屬國家主觀機關的許可才可以運輸；必須採取特殊措施來貨運運輸要求。
 - ii、 距離貨物 2.1 米處，最大磁場強度超過 $0.418 A/m (0.525 \mu T)$ 或超過 2° 的指南針偏差作為危險品配送。
 - iii、 距離貨物 2.1 米處，最大磁場強度小於 $0.418 A/m (0.525 \mu T)$ 時，配送無須報告和進行標示。
4. 採用空運時，若使用原始包裝的馬達組件的配送無須報告和進行標示。
5. 運輸條件依據 EN 60721-3-2：2018（見表 4.1.1）。

表 4.1.1 運輸條件

環境參數	單位	數值
溫度	(°C)	5~40
相對濕度	(%)	5~85
氣溫變化率	(°C/min)	0.5
結露		不允許
結冰		不允許
運輸		參照 2K11 級
需具備良好防護氣候的環境內運輸馬達(室內/廠內)		
生物環境條件	Class 2B1	
化學活性物質	Class 2C1	
機械活性物質	Class 2S5	
機械環境條件	Class 2M4	

4.2 運送至安裝位置

■ 使用吊環直接搬運馬達

- ◆ 如果只有使用兩個吊環，則吊環必須完全相對並使用吊桿。
- ◆ 如果使用三個或以上吊環，吊環必須均勻分佈且吊索長度都必須至馬達端吊掛點相等。

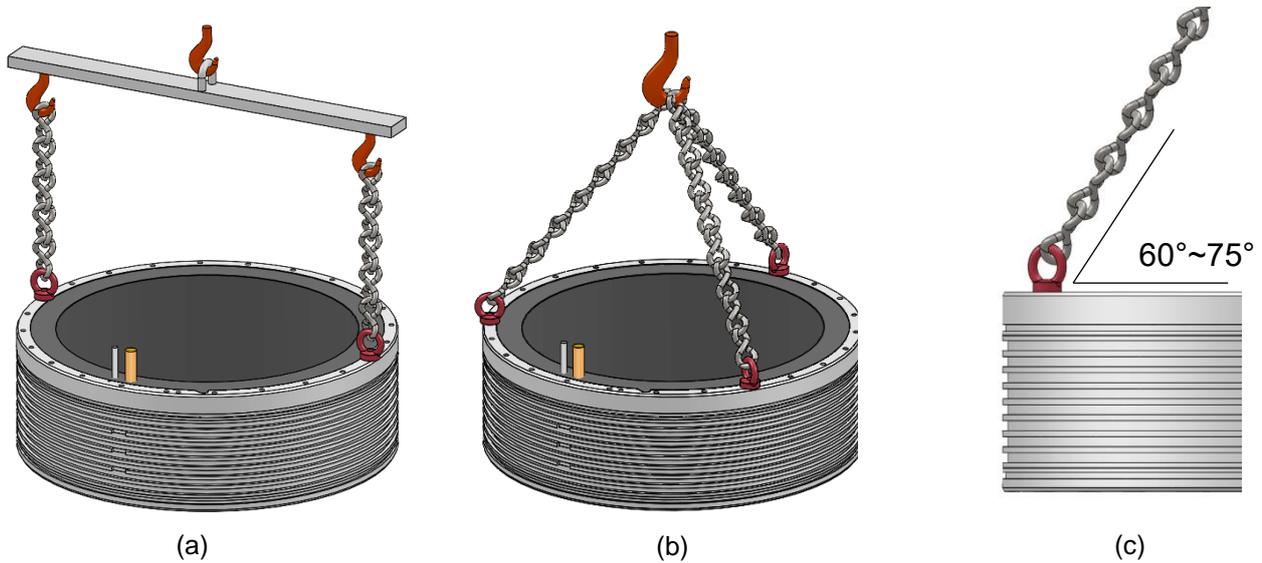


圖 4.2.1 使用吊環直接搬運馬達

(a). 使用兩個吊環 (b). 使用三個以上吊環 (c). 吊環夾角

- ◆ 避免使用以下方式吊掛大於 30kg 以及外徑尺寸大於 D 系列以上的馬達，避免過大應力損傷馬達。

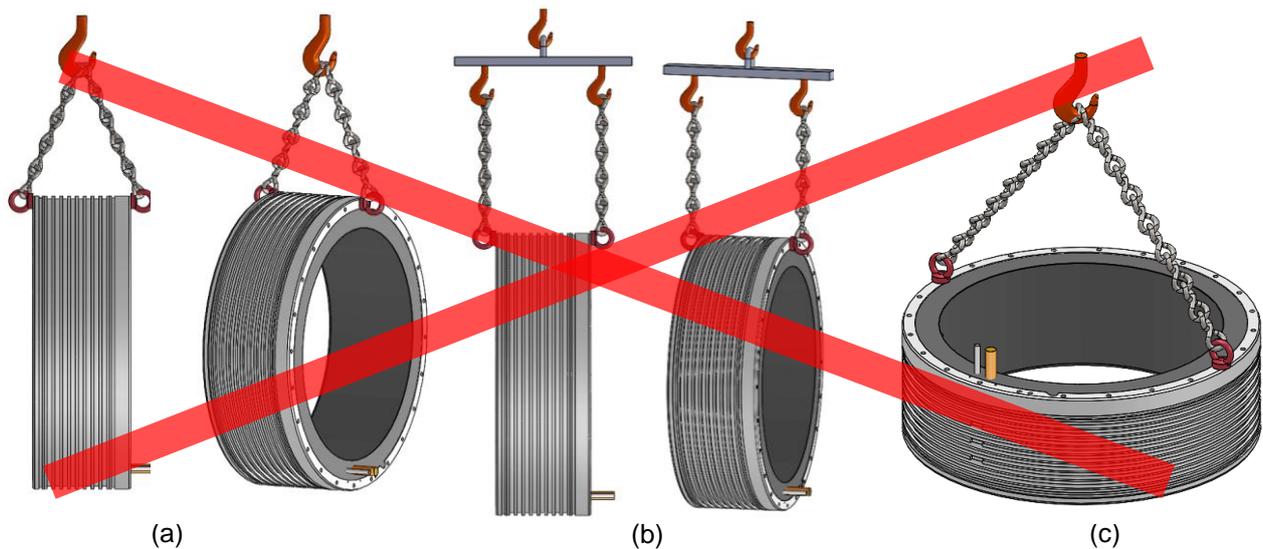


圖 4.2.2 過重或過大時需避免的吊掛方式

- ◆ 垂直搬運(需估算應力)或翻轉馬達(最好可乘靠地面)時，使用以下方式進行。

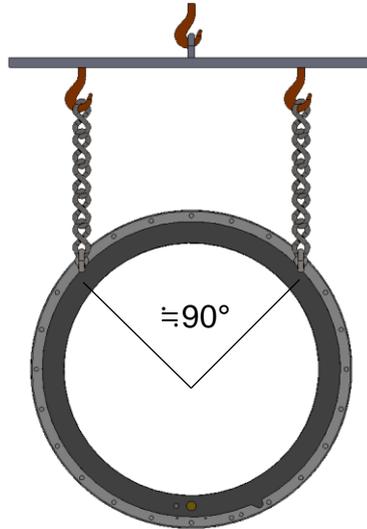


圖 4.2.3 垂直或翻轉馬達吊掛方式

■ 使用吊環搬運帶有固定片的馬達

- ◆ 固定片上都有附加吊環用的安裝孔，使用符合規格的吊環均勻分佈且吊索長度都必須至馬達端吊掛點相等。

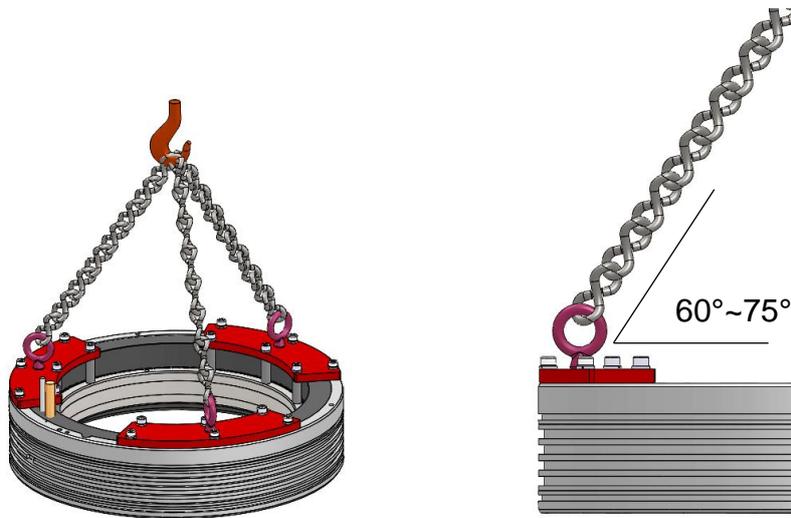


圖 4.2.4 使用吊環搬運帶有固定片的馬達

註:基於馬達重量以及設計考量，固定片的數量會有所差異，實際數量參照承認圖

4.3 安裝位置之需求規格

危險



高壓危險!

在組裝、拆卸和維修工作之前和期間，可能會流過危險電流。

- ◆ 工作只能由合格的電機工程人員在斷開電源的情況下進行！
- ◆ 對馬達系統進行作業前，請斷開電源並做好防護避免重新啟動！

危險



強力磁場會導致死亡危險!

力矩馬達系統周圍的強磁場會對植入物（例如心臟起搏器）的人造成健康風險，這些人受磁場影響。

- ◆ 植入物受磁場影響的人員應與力矩馬達系統保持至少 500 毫米的安全距離。

危險

強磁吸引導致夾傷危險!

存在因定轉子相吸的強大吸引力壓傷風險！

力矩馬達周圍強磁會對植入物(例如心臟起搏器)使用者造成健康影響。即使馬達是處於斷電下亦是如此。



- ◆ 小心的組裝定子與轉子！
- ◆ 請勿在轉子和定子之間放置手指或物體！
- ◆ 轉子和可磁化物體可能會不小心相互吸引和碰撞！
- ◆ 兩個轉子可能會不小心相互吸引並碰撞！
- ◆ 轉子作用在物體上的磁力可能高達數 kN，可能會導致物體的某個部位被夾住。
- ◆ 不要低估吸引力，小心操作。
- ◆ 必要時戴上安全手套。
- ◆ 操作時至少需要兩人配合。
- ◆ 如果組裝步驟還沒有到安裝轉子的階段，請先將轉子放置在安全、適當的地方。
- ◆ 切勿同時使用多個轉子。
- ◆ 切勿在沒有任何保護的情況下將兩個轉子直接放在一起。
- ◆ 請勿將任何可磁化材料靠近轉子！若必須使用可磁化工具，請用雙手握緊並慢慢靠近轉子！
- ◆ 建議開箱後立即安裝轉子！
- ◆ 安裝定子和轉子時，需要安裝輔助裝置將定子和轉子單獨組裝。請遵循正確的方法。
- ◆ 隨時準備好以下工具，以釋放被磁力夾住的身體部位（手、手指、腳等）。
 - 非磁化固體材料製成的錘子（約 3Kg）

- 兩個非磁化材料組成的楔形塊 (楔形銳角 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ · 最小高度 50mm)。

4.4 儲存

■ 保養存放注意事項

1. 請勿將產品存放於易燃或有化學劑的環境中。
2. 請將產品存放於乾燥、無塵、無有害氣液體之場所。
3. 請勿將產品存放於超出規格書規定振動量之場所。
4. 清潔產品的方式：以 70% 的酒精擦拭。
5. 產品毀損後的處理方式：按照當地法規回收。
6. 存放條件依據 EN 60721-3-1 (見表 4.4.1)。
7. 室內存放需滿足以下條件，馬達最多可以存放兩年：
 - i、 乾燥
 - ii、 無塵
 - iii、 無振動
 - iv、 通風良好
 - v、 可抵抗極端氣候
 - vi、 室內空氣不包含腐蝕性氣體
 - vii、 防止馬達振動和受潮
8. 如無乾燥儲存環境可用，則需採取以下措施：
 - i、 使用吸濕材料包裹馬達，然後用密封包裝馬達。
 - ii、 在密封包裝內放入乾燥劑；乾燥劑需檢查，必要時更換。
 - iii、 定期檢查馬達。
9. 馬達應存放在原包裝中並平放。也可以暫時在包裝外存放，前提是得到足夠的支撐保護以及符合存放環境要求，注意電纜線必須朝上避免夾傷，如圖 4.4.1。
10. 長期存放取出後馬達可能因受潮降低絕緣阻抗值，裝機前需先確認馬達絕緣阻抗狀態，使用符合 EN61557 之檢驗儀器，以 1000V_{DC} 測試 60 秒後馬達需達 100MΩ，如未達規範表示馬達可能有受潮，若直接使用可能會導致絕緣破壞，請洽 HIWIN 協助處理。

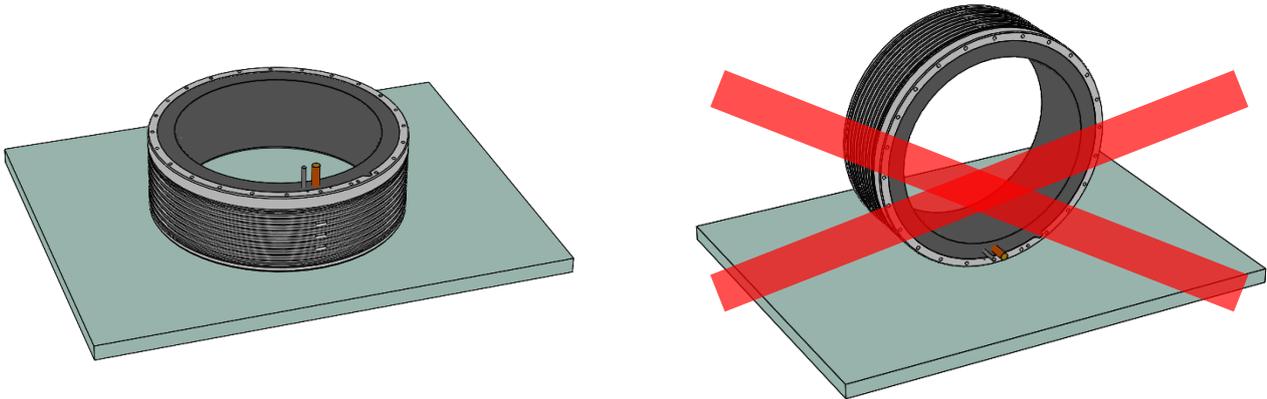


圖 4.4.1 包裝外存放注意事項

表 4.4.1 存放條件

環境參數	單位	數值
溫度	(°C)	-5~40
相對濕度	(%)	5~85
絕對濕度	(g/m ³)	1~25
氣溫變化率	(°C/min)	0.5
氣壓	(kPa)	70~106
太陽輻射	(w/m ²)	700
結露		不允許
結冰		不允許
長期儲存		參照 1K21 級
需具備良好防護氣候的環境內存放馬達(室內/廠內)		
生物環境條件	Class 1B1	
化學環境條件	Class 1C1	
機械活性物質	Class 1S11	
機械環境條件	Class 1M11	

4.5 開箱與設定



警告

重物危險!



直接提起重物可能會危害健康。

- ◆ 搬運超過 20 公斤的重物請使用適當的吊具或起重機！
- ◆ 吊掛或搬運時請遵守職業健康與安全規範！
- ◆ 含定轉子固定片之馬達可使用其上之吊掛孔，任何情況下吊掛時需考量構件強度。

■ 請於室內拆裝本產品，拆卸產品包裝的注意事項如下。

1. 請確認數量與標籤貼紙的規格皆正確。
2. 請小心拆卸紙箱，並注意轉子含有強磁。
3. 請保存拆卸後的紙箱，後續若有問題可以送回。若無問題，請以環境友好的方式處理包裝。
4. 請小心取出產品，確認外觀無破損與內部產品正確，可拍照留存。
5. 請小心搬運產品至安裝地點，再進行組裝。因轉子含有強磁，周圍須避開易導磁物品。

5. 組裝與連接

5.	組裝與連接.....	5-1
5.1	機械安裝.....	5-2
5.1.1	冷卻介面設計	5-2
5.1.2	轉子安裝介面設計	5-16
5.1.3	定子安裝介面設計(無冷卻外罩).....	5-19
5.1.4	定轉子氣隙與組裝同心度要求	5-20
5.1.5	定轉子作用力	5-22
5.1.6	定轉子螺絲扭力規範	5-24
5.1.7	馬達旋轉方向	5-25
5.1.8	機械安裝.....	5-26
5.2	電氣連接.....	5-30
5.2.1	配線注意事項	5-30
5.2.2	馬達電纜線	5-30
5.2.3	馬達並聯運轉設計	5-39
5.2.4	溫度感測器	5-51

5.1 機械安裝

5.1.1 冷卻介面設計

TMRW 系列可接受水冷或自然空冷 (TM-5 與 IM-2 僅提供水冷參數)，定子外殼上有冷卻液通道的設計，冷卻液通道外側有 O 型環作為防漏裝置。冷卻液進、出口設計須對齊承認圖標示之位置，才能確保冷卻液做良好的循環，達到冷卻效果。

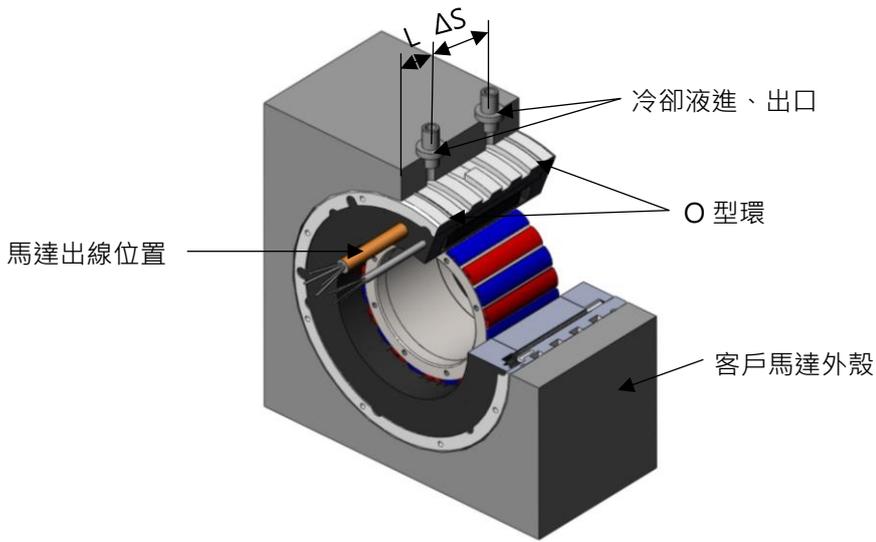


圖 5.1.1 力矩馬達冷卻示意圖

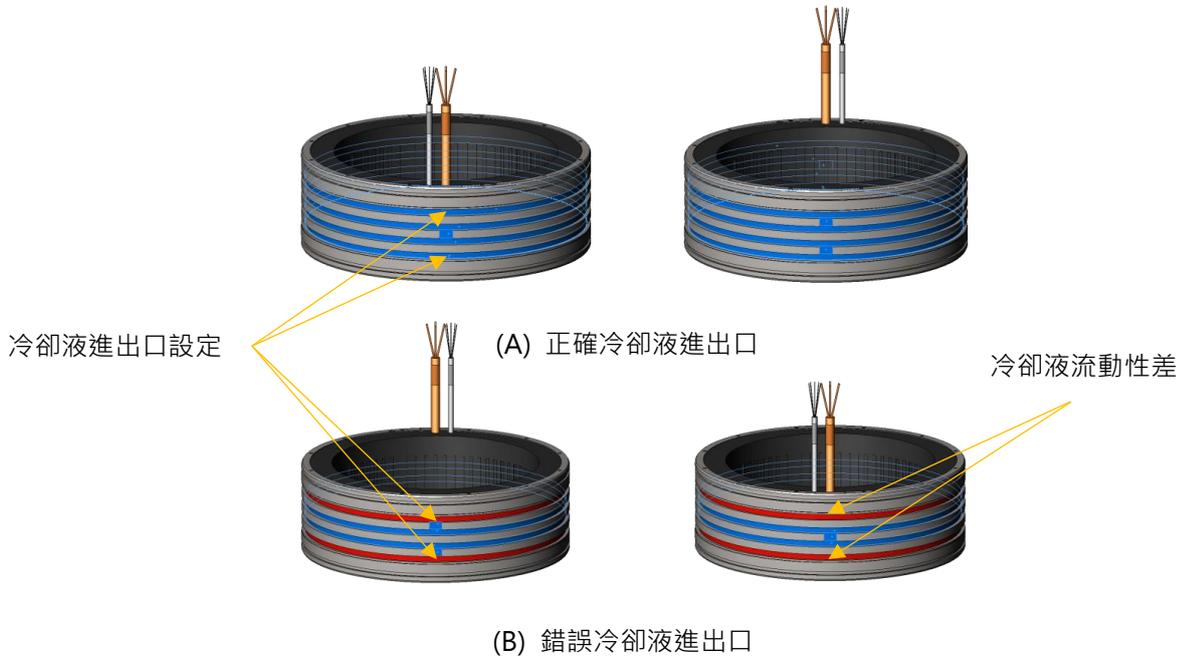


圖 5.1.2 冷卻液進出口位置影響

5.1.1.1 冷卻道位置

下方表 5.1.1、表 5.1.2 與表 5.1.3 為各系列馬達標準品冷卻液進、出水口位置之建議值(L 與 ΔS 參照圖 5.1.1)。**【不包括附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□)】**

表 5.1.1 TMRW 系列冷卻液進、出水口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	TMRW13(L)	TMRW15(L)	TMRW17(L)	TMRW1A(L)	TMRW1F(L)
	TMRW43(L)	TMRW45(L)	TMRW47(L)	TMRW4A(L)	TMRW4F(L)
30	TMRW23(L)	TMRW25(L)	TMRW27(L)	TMRW2A(L)	TMRW2F(L)
35	TMRW73(L)	TMRW75(L)	TMRW77(L)	TMRW7A(L)	TMRW7F(L)
	TMRWA3(L)	TMRWA5(L)	TMRWA7(L)	TMRWAA(L)	TMRWAF(L)
43	TMRWD3(L)	TMRWD5(L)	TMRWD7(L)	TMRWDA(L)	TMRWDF(L)
35	TMRWG3(L)	TMRWG5(L)	TMRWG7(L)	TMRWGA(L)	TMRWGF(L)

表 5.1.2 TM-5 系列冷卻液進、出水口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	TM-5-13	TM-5-15	TM-5-17	TM-5-1A	TM-5-1F
	TM-5-43	TM-5-45	TM-5-47	TM-5-4A	TM-5-4F
30	TM-5-23	TM-5-25	TM-5-27	TM-5-2A	TM-5-2F
35	TM-5-73	TM-5-75	TM-5-77	TM-5-7A	TM-5-7F
	TM-5-A3	TM-5-A5	TM-5-A7	TM-5-AA	TM-5-AF
43	TM-5-D3	TM-5-D5	TM-5-D7	TM-5-DA	TM-5-DF
35	TM-5-G3	TM-5-G5	TM-5-G7	TM-5-GA	TM-5-GF

表 5.1.3 IM-2 系列冷卻液進、出水口位置

L (mm)	ΔS (mm)				
	20	40	60	90	140
25	IM-2-43	IM-2-45	IM-2-47	IM-2-4A	IM-2-4F
30	IM-2-23	IM-2-25	IM-2-27	IM-2-2A	IM-2-2F
35	IM-2-73	IM-2-75	IM-2-77	IM-2-7A	IM-2-7F
	IM-2-A3	IM-2-A5	IM-2-A7	IM-2-AA	IM-2-AF
35	IM-2-G3	IM-2-G5	IM-2-G7	IM-2-GA	IM-2-GF

5.1.1.2 冷卻通道尺寸

各系列馬達冷卻通道尺寸表 5.1.4、表 5.1.5 與表 5.1.6 所示。

【不包括附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□)】

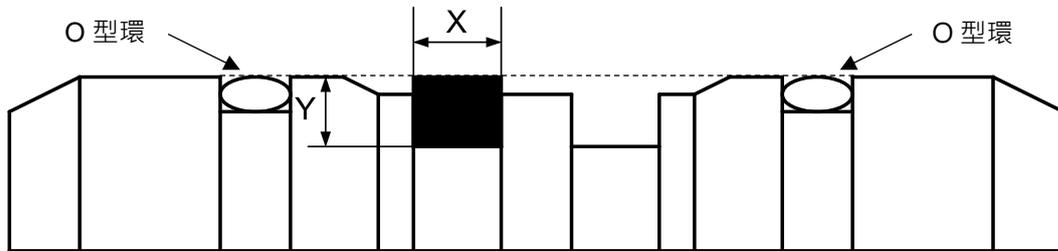


圖 5.1.3 水冷通道尺寸示意圖

表 5.1.4 TMRW 冷卻通道尺寸

馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出口內徑 (mm)	馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出口內徑 (mm)
TMRW13(L)	8	5	8	TMRWA3(L)	8	5	8
TMRW15(L)	8	5	8	TMRWA5(L)	8	5	8
TMRW17(L)	9	5	8	TMRWA7(L)	9	5	8
TMRW1A(L)	8	5	8	TMRWAA(L)	8	5	8
TMRW1F(L)	9	5	8	TMRWAF(L)	9	5	8
TMRW23(L)	8	5	8	TMRWD3(L)	8	5	8
TMRW25(L)	8	5	8	TMRWD5(L)	8	5	8
TMRW27(L)	9	5	8	TMRWD7(L)	9	5	8
TMRW2A(L)	8	5	8	TMRWDA(L)	8	5	8
TMRW2F(L)	9	5	8	TMRWDF(L)	9	5	8
TMRW43(L)	8	5	8	TMRWG3(L)	8	5	10
TMRW45(L)	8	5	8	TMRWG5(L)	8	5	10
TMRW47(L)	9	5	8	TMRWG7(L)	9	5	10
TMRW4A(L)	8	5	8	TMRWGA(L)	8	5	10
TMRW4F(L)	9	5	8	TMRWGF(L)	9	5	10
TMRW73(L)	8	4	8	/			
TMRW75(L)	8	4	8				
TMRW77(L)	9	4	8				
TMRW7A(L)	8	4	8				
TMRW7F(L)	9	4	8				

註：上述冷卻入口和出口部分必須具有最小進、出口內徑以保證數據表中給出的最小水流量。

HIWIN 力矩馬達可承受的最大壓力為 10 bar。

表 5.1.5 TM-5 系列 冷卻通道尺寸

馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出水口內徑 (mm)	馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出水口內徑 (mm)
TM-5-13	8	5	8	TM-5-A3	8	6	8
TM-5-15	8	5	8	TM-5-A5	8	6	8
TM-5-17	9	5	8	TM-5-A7	9	6	8
TM-5-1A	8	5	8	TM-5-AA	8	6	8
TM-5-1F	9	5	8	TM-5-AF	9	6	8
TM-5-23	8	5	8	TM-5-D3	8	5	8
TM-5-25	8	5	8	TM-5-D5	8	5	8
TM-5-27	9	5	8	TM-5-D7	9	5	8
TM-5-2A	8	5	8	TM-5-DA	8	5	8
TM-5-2F	9	5	8	TM-5-DF	9	5	8
TM-5-43	8	5	8	TM-5-G3	8	5	10
TM-5-45	8	5	8	TM-5-G5	8	5	10
TM-5-47	9	5	8	TM-5-G7	9	5	10
TM-5-4A	8	5	8	TM-5-GA	8	5	10
TM-5-4F	9	5	8	TM-5-GF	9	5	10
TM-5-73	8	4	8	\			
TM-5-75	8	4	8				
TM-5-77	9	4	8				
TM-5-7A	8	4	8				
TM-5-7F	9	4	8				

註：上述冷卻入口和出口部分必須具有最小進、出水口內徑以保證數據表中給出的最小水流量。

HIWIN 力矩馬達可承受的最大壓力為 10 bar。

HIWIN 附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□) 可承受的最大壓力為 5 bar

表 5.1.6 IM-2 系列 冷卻通道尺寸

馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出水口內徑 (mm)	馬達型號	X (mm)	Y (mm)	進、出水口內徑 (mm)
IM-2-23	8	5	8	IM-2-A3	8	6	8
IM-2-25	8	5	8	IM-2-A5	8	6	8
IM-2-27	9	5	8	IM-2-A7	9	6	8
IM-2-2A	8	5	8	IM-2-AA	8	6	8
IM-2-2F	9	5	8	IM-2-AF	9	6	8
IM-2-43	8	5	8	IM-2-G3	8	5	10
IM-2-45	8	5	8	IM-2-G5	8	5	10
IM-2-47	9	5	8	IM-2-G7	9	5	10
IM-2-4A	8	5	8	IM-2-GA	8	5	10
IM-2-4F	9	5	8	IM-2-GF	9	5	10
IM-2-73	8	4	8				
IM-2-75	8	4	8				
IM-2-77	9	4	8				
IM-2-7A	8	4	8				
IM-2-7F	9	4	8				

註：上述冷卻入口和出口部分必須具有最小進、出水口內徑以保證數據表中給出的最小水流量。

HIWIN 力矩馬達可承受的最大壓力為 10 bar。

5.1.1.3 冷卻通道配置

以下說明常見兩種冷卻通道配置，無論採用何種配置方式，務必確認進、出口與承認圖位置相符且安裝後進行冷卻迴路中空氣的排除。

■ 馬達旋轉軸立式安裝

馬達出線無論朝上或朝下，冷卻液出口須裝置在上方，冷卻液進口須裝置在下方(依重力方向定義)，使氣泡可隨著水流排出流道，且冷卻液進、出口須對齊馬達冷卻進、出口位置(馬達冷卻進、出口位置請參照 HIWIN 承認圖面標示)。附冷卻外罩的力矩馬達(預留碼 J□)之冷卻進、出孔皆位於馬達出線側端面，冷卻進、出孔與冷卻流道之連通關係請見 5.1.1.6 節之說明，應選擇連通下方(依重力方向定義)流道之孔作為冷卻液進口，連通上方流道之孔作為冷卻液出口。

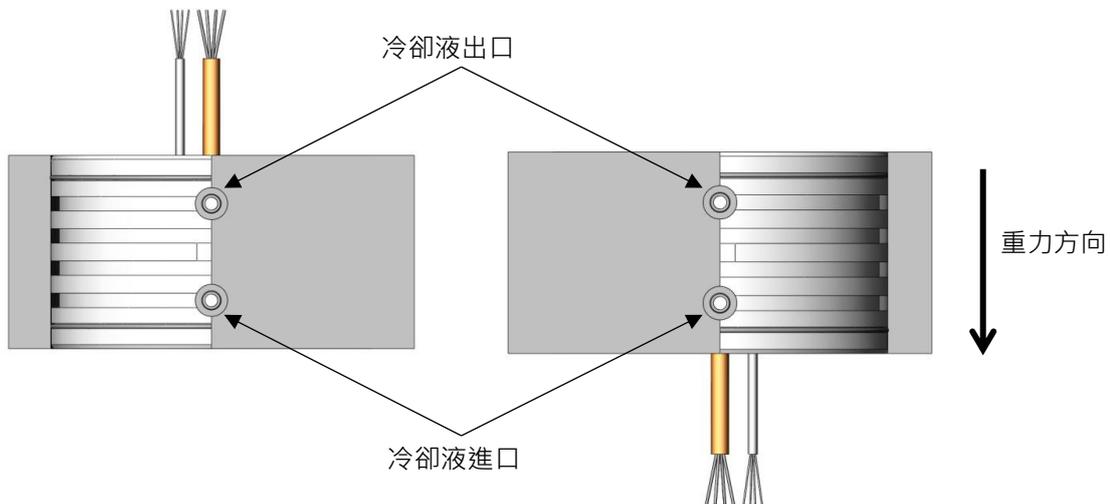


圖 5.1.4 旋轉軸立式安裝時冷卻液進、出口位置

■ 馬達旋轉軸臥式安裝

當冷卻液流量滿足馬達最小冷卻流量時，可依圖 5.1.5 所示，冷卻液進、出方向可由客戶自行決定，冷卻液進、出口須對齊馬達冷卻進、出口位置(馬達冷卻進、出口位置請參照 HIWIN 承認圖面標示)。注意冷卻液進、出口若非位於最高點(依重力方向定義)時，馬達流道內氣泡可能無法排出，建議需於最高點處設計排氣孔及排氣螺絲。附冷卻外罩的力矩馬達(預留碼 J□)建議將冷卻進、出孔位置安排在最高點處安裝，如圖 5.1.6 所示。

⚠ 注意

當冷卻液流量未滿足馬達最小冷卻流量時，冷卻液進出水口僅可裝置在最高點。

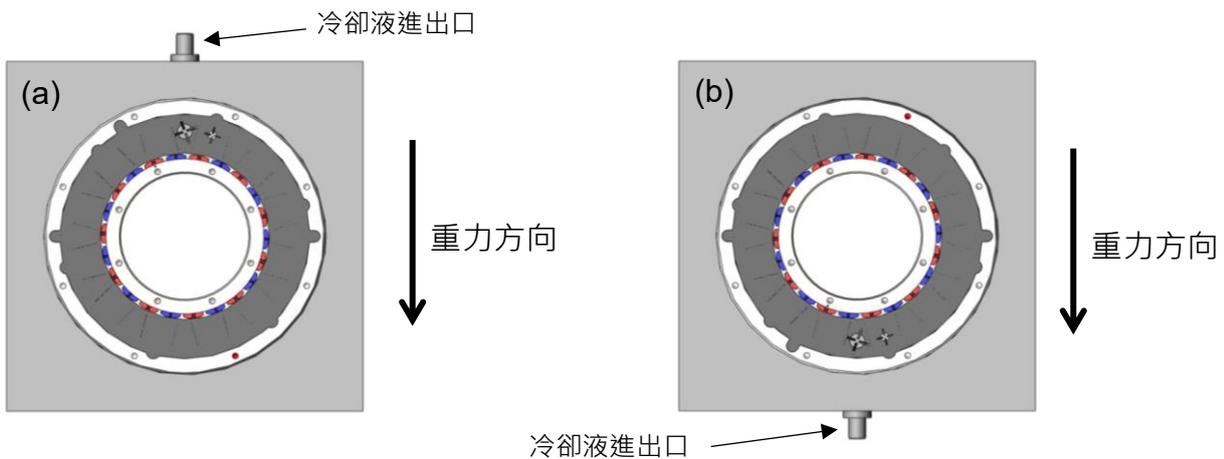


圖 5.1.5 垂直安裝時冷卻液進、出水口位置(a)進、出口位於最高點(b)進出口位於最低點

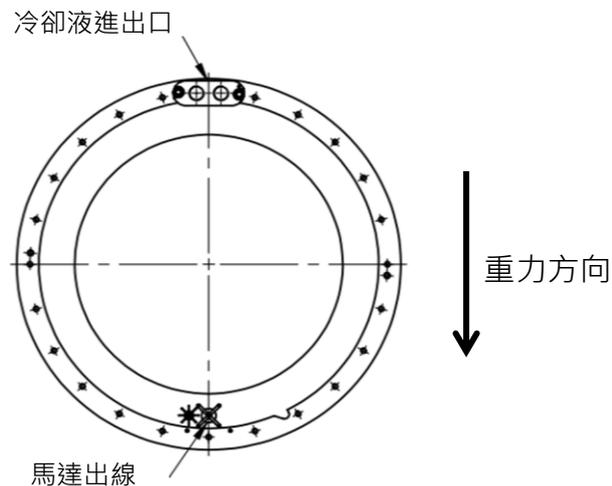


圖 5.1.6 垂直安裝附冷卻外罩的力矩馬達時冷卻液進、出水口位置

■ 安裝完成後，排出冷卻迴路中的氣泡

冷卻迴路中的氣泡或者空腔會降低冷卻能力，會導致局部發熱甚至過熱。因此，在安裝以及連接冷卻系統後，必須對冷卻迴路進行排氣。

冷卻迴路必須設計有排氣螺絲之類的設計以排出氣泡。

1. 調整設備位置，使得排氣螺絲盡可能位於最高點(相對重力方向)。
2. 鬆開排氣螺絲並且開啟冷卻機。
3. 當液體洩漏時，盡速鎖緊排氣螺絲。
4. 擦拭後，目視檢查是否還有洩漏，不可有冷卻液滴落或流出。

5.1.1.4 O 型環特性

各系列馬達 O 型環特性如表 5.1.7 所示。【不包括附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□)】

表 5.1.7 O 型環特性

馬達型號	O 型環材質	蕭氏硬度	O 型環厚度 (mm)	O 型環內徑 (mm)
TMRW1□ / TM-5-1□	VITON	70°	2.62	152.07
TMRW2□ / TM-5-2□ / IM-2-2□	VITON	70°	2.62	190.17
TMRW4□ / TM-5-4□ / IM-2-4□	VITON	70°	2.62	221.92
TMRW7□ / TM-5-7□ / IM-2-7□	VITON	70°	2.5	296
TMRWA□ / TM-5-A□ / IM-2-A□	VITON	70°	4	370
TMRWD□ / TM-5-D□	VITON	70°	4	465
TMRWG□ / TM-5-G□ / IM-2-G□	VITON	70°	4	550

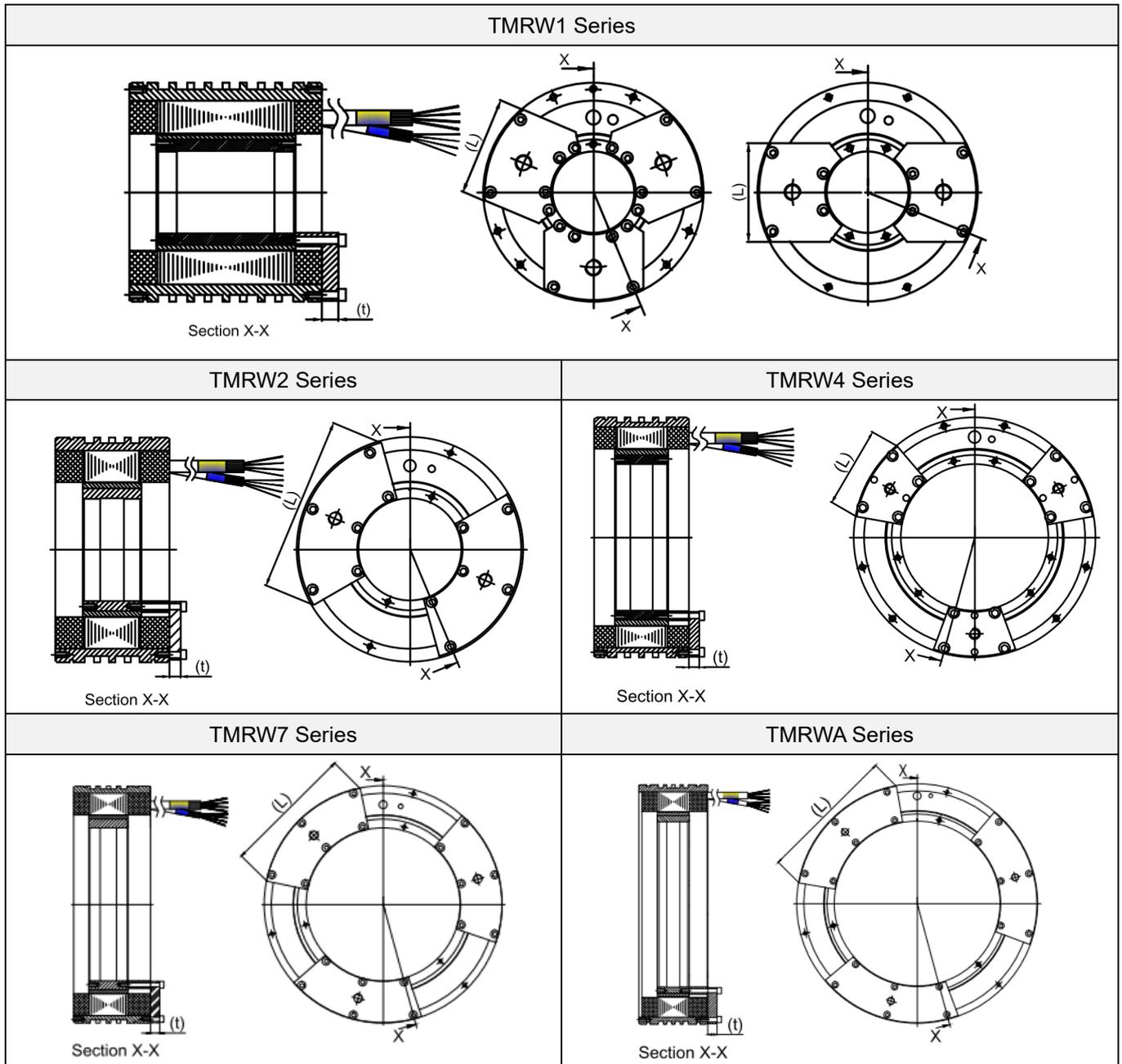
註：用普通潤滑劑潤滑 O 型環有助於提高密封性。

HIWIN 出貨之 O 型環依 ISO3601 標準定義品質 (Series G & Grade N)；不同品牌對應氟橡膠之商品名稱不同，又稱 FKM、FPM，在美商杜邦™的名稱為 Viton®，美商 3M™的名稱為 Dyneon™；日商 Daikin®的名稱則為 DAI-EL；客戶如果需自行更換 O 型環，除了直接向 HIWIN 購買之外，也可聯絡在地供應商取得等同於 Viton 之材質，注意硬度需達到蕭氏硬度 70 以上。附冷卻外罩的馬達 O 型環在出廠前已安裝在內部，客戶不得自行拆卸冷卻外罩更換 O 型環。

5.1.1.5 定轉子固定片尺寸

各系列馬達定轉子固定片尺寸如圖 5.1.7 與表 5.1.8 所示。

(TM-5 / IM-2 預設為定轉子分開出貨，如有組裝後出貨需求請洽 HIWIN)。



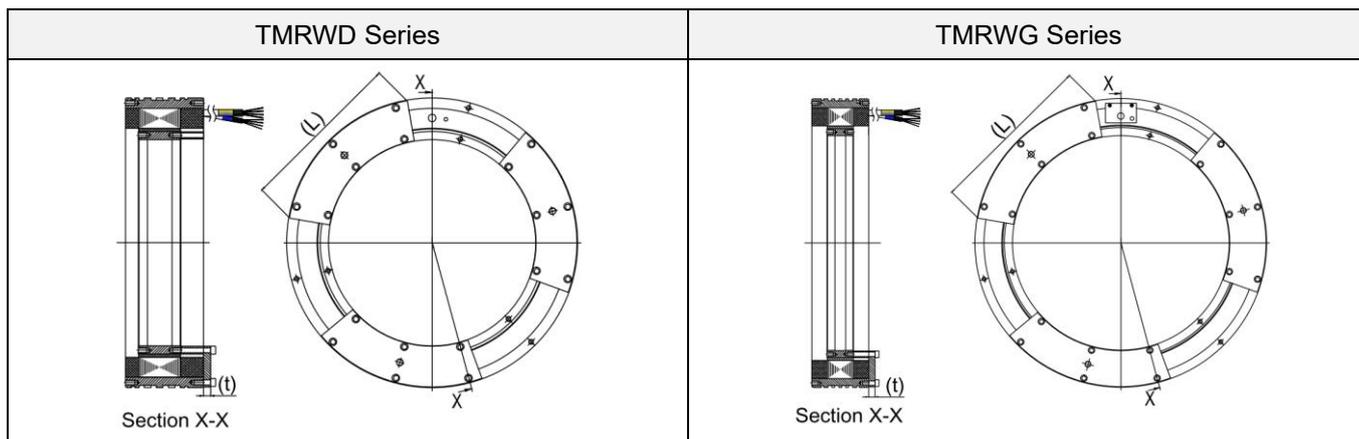


圖 5.1.7 定轉子固定片示意圖

表 5.1.8 定轉子固定片尺寸

馬達型號	固定片最大長度 L (mm)	固定片厚度 t (mm)
TMRW1□	72	12
TMRW2□	151	10
TMRW4□	76	10
TMRW7□	166	12
TMRWA□	205	15
TMRWD□	274	12
TMRWG□	312	12

備註：尺寸可能因考量設計需求而修改，確切數值仍需以承認圖為準。

5.1.1.6 附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□) 之冷卻接頭轉接座

在附冷卻外罩馬達之定子端面有一個冷卻接頭轉接座，如圖 5.1.8 所示。出貨時此轉接座上之冷卻進、出孔皆以蓋子或塞頭封起，在馬達未連接冷卻管線之前請勿移除冷卻接頭轉接座上之蓋子或塞頭，以免異物侵入並阻塞冷卻流道。此轉接座出廠前已妥善安裝於馬達上，若客戶自行拆裝請遵循下列說明進行。馬達出廠前皆進行過密封性能測試以保證包括冷卻接頭轉接座在內之密封性，若客戶自行拆裝冷卻接頭轉接座後發生之洩漏問題 HIWIN 將不負任何責任。

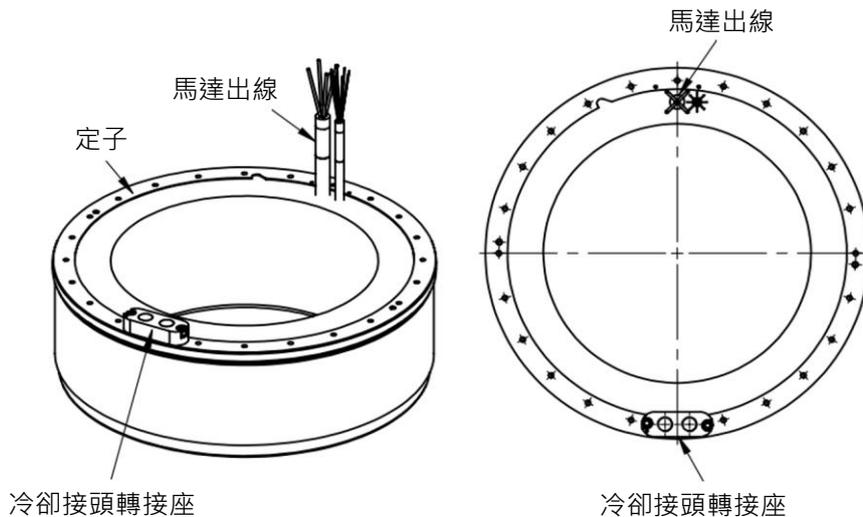


圖 5.1.8 冷卻接頭轉接座

在冷卻接頭轉接座之端面有一記號孔，較靠近此記號孔之冷卻進、出孔連接馬達外周最靠近非出線側的那一道環形冷卻流道；遠離此記號孔之冷卻進、出孔連接馬達外周最靠近出線側的那一道環形冷卻流道，可藉由此記號孔判斷並決定進、出水方向。(參照第 5.1.1.3 節)

冷卻接頭轉接座之尺寸及冷卻進、出孔之規格如圖 5.1.9、圖 5.1.10 及表 5.1.9 所示。

冷卻接頭轉接座與定子外殼端面間使用 O 型環密封，各系列馬達 O 型環特性如表 5.1.10 所示。

表 5.1.9 冷卻接頭轉接座尺寸

馬達型號	A	B	C	E	冷卻進、出孔規格
	單位：mm				
TM-5-7□-....-J□	26	---	10.5	140.5	G1/4 x 9DP
TM-5-A□-....-J□	31.5	15	16	173.5	G3/8 x 9DP
TM-5-D□-....-J□	31.5	14	16	219	G3/8 x 9DP
TM-5-G□-....-J□	31.5	10	16	260	G3/8 x 9DP

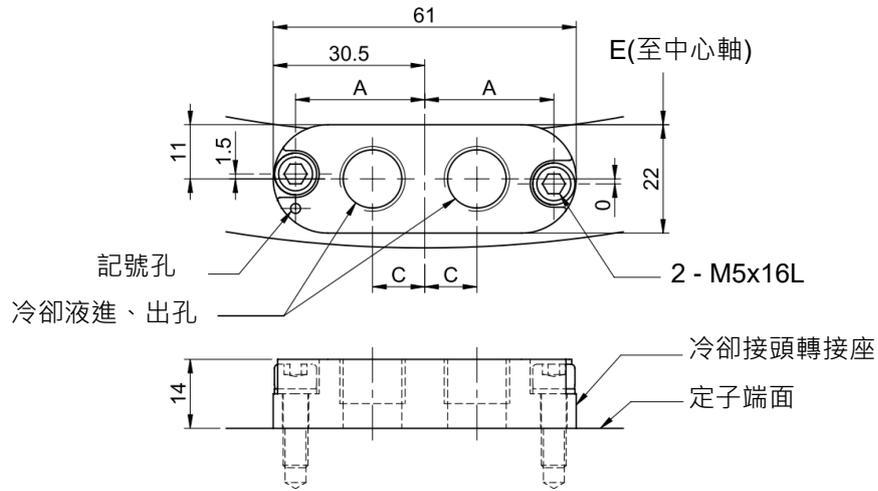


圖 5.1.9 TM-5-7□-....-J□ 冷卻接頭轉接座

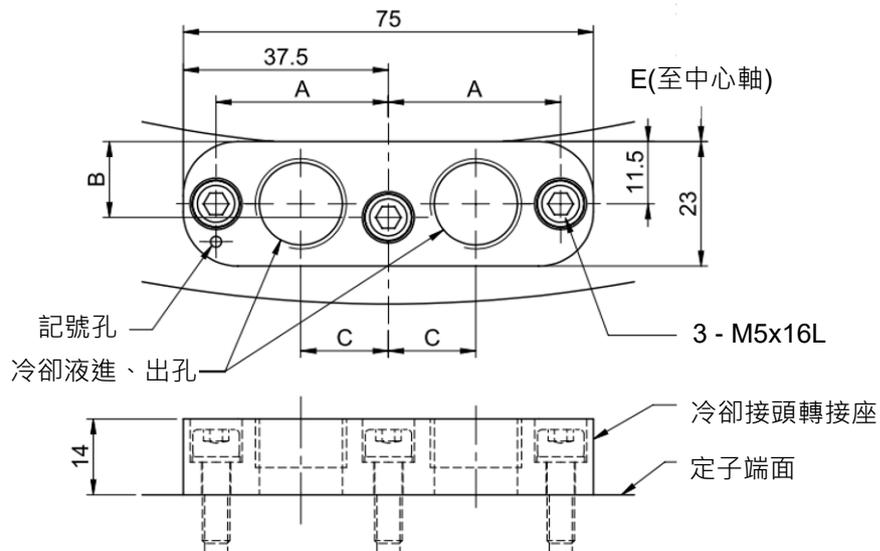


圖 5.1.10 TM-5-A□/D□/G□-....-J□ 冷卻接頭轉接座

表 5.1.10 O 型環特性

馬達型號	O 型環材質	蕭氏硬度	O 型環厚度 (mm)	O 型環內徑 (mm)
TM-5-7□-....-J□	VITON	70°	1.78	12.42
TM-5-A□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6
TM-5-D□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6
TM-5-G□-....-J□	VITON	70°	1.78	15.6

註：用普通潤滑劑潤滑 O 型環有助於提高密封性。

冷卻接頭轉接座安裝時之零件配置請參考圖 5.1.11，各安裝配合面及定子外殼端面之 O 型環凹槽內需清潔乾淨。鎖固冷卻接頭轉接座之螺絲請使用強度等級 12.9 之附彈簧華司螺絲或耐落螺絲 M5x16L，分段逐次鎖緊，鎖緊扭力建議為 65~80kgf-cm(所有螺絲需一致)。請勿使用液體螺絲固定劑，以免螺絲固定劑溢流至 O 型環處固化影響 O 型環之密封性能。

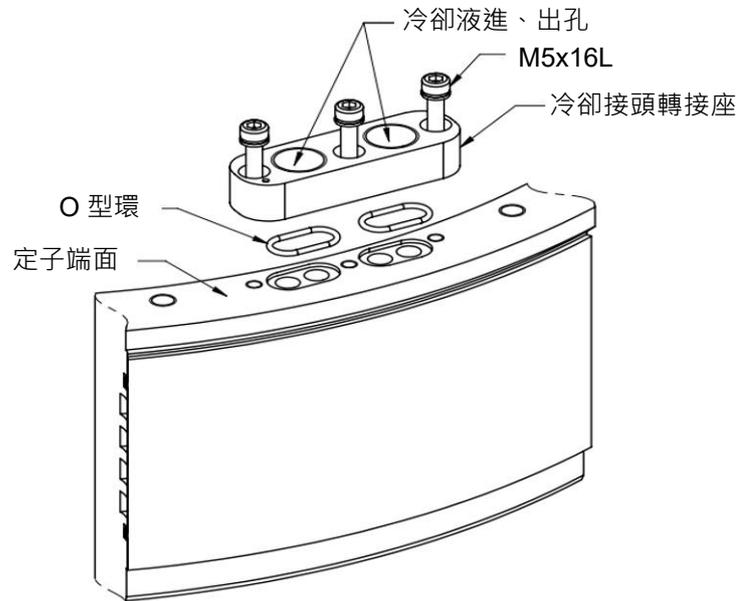


圖 5.1.11 接頭轉接座之零件配置

5.1.1.7 附冷卻外罩的力矩馬達 (預留碼 J□) 之冷卻接頭安裝

馬達出貨僅附冷卻接頭轉接座，但不附冷卻接頭。冷卻接頭轉接座上之冷卻進、出孔規格如 5.1.1.6 節之表 5.1.9 所示，請客戶需自行準備直管牙專用之接頭，此類接頭一般在與轉接座端面接觸位置附有密封材，其使用方式及鎖緊扭力請依接頭廠商之要求。接頭螺紋處請勿使用管路密封劑以免管路密封劑溢流至冷卻接頭轉接座下方 O 型環處固化影響 O 型環之密封性能；也建議接頭螺紋處請勿使用止洩帶以免止洩帶夾入接頭密封材與轉接座端面之間造成密封失效。

5.1.2 轉子安裝介面設計

客戶設計心軸時，須於轉子接觸面靠近磁鐵的位置設計逃溝，才能避免與磁鐵干涉，影響馬達性能。心軸在定子內部的外徑 (ϕD)、內徑 (ϕd) 以及轉子安裝面的平面度規格 (平面度 A)，建議尺寸的最大值如表 5.1.11 與表 5.1.12。

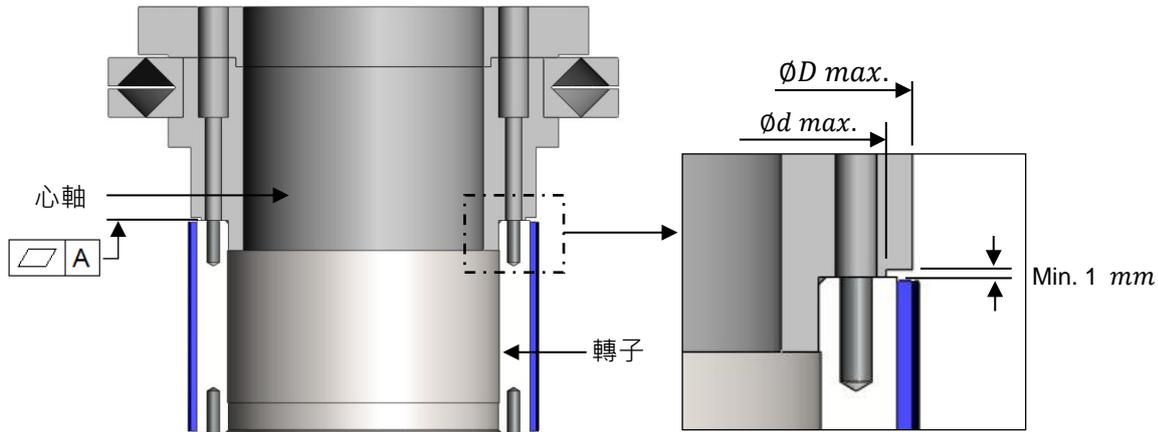
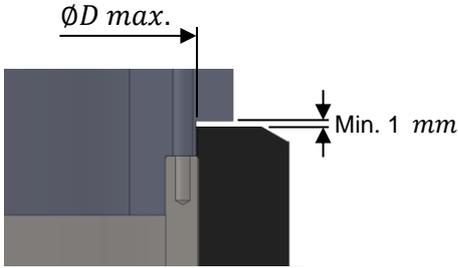
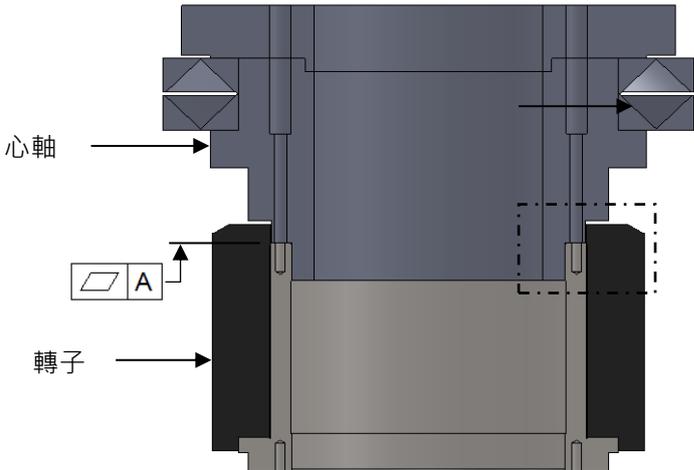


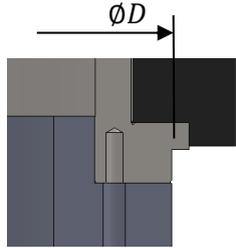
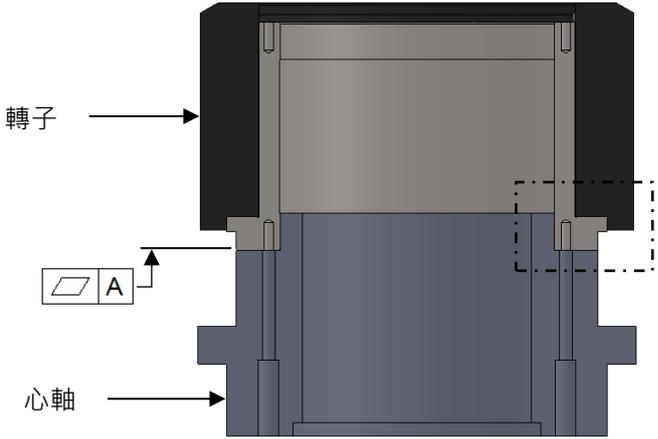
圖 5.1.12 轉子安裝介面(TMRW/TM-5)

表 5.1.11 定、轉子安裝介面建議尺寸表(TMRW/TM-5)

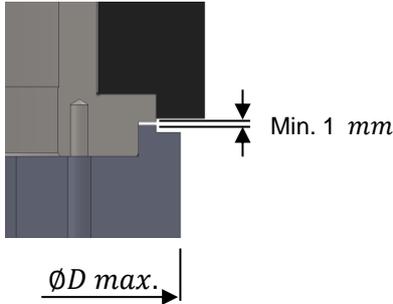
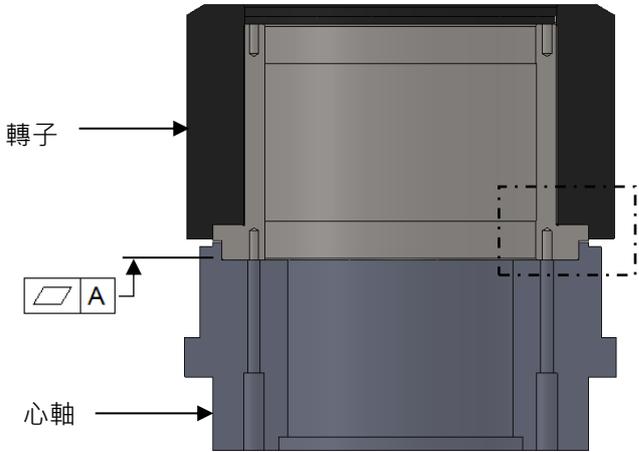
Type	ϕD (mm)	ϕd (mm)	平面度 A (mm)	平面度 B (mm)
TMRW1□	84	76.5	0.05	0.05
TM-5-1□	88	78	0.05	0.05
TMRW2□	117.5	110.4	0.05	0.05
TM-5-2□	118	108	0.05	0.05
TMRW4□	168	158.5	0.1	0.1
TM-5-4□	168	158.5	0.1	0.1
TMRW7□	233	222.5	0.1	0.1
TM-5-7□	228	218.3	0.1	0.1
TMRWA□	296.5	284.5	0.1	0.1
TM-5-A□	298.5	289/288	0.1	0.1
TMRWD□	382	370	0.15	0.15
TM-5-D□	382.5/385.5	373/372	0.15	0.15
TMRWG□	457	447	0.15	0.15
TM-5-G□	457.5	448/445	0.15	0.15



Type A



Type B



Type C

圖 5.1.13 轉子安裝介面(IM-2)

表 5.1.12 轉子安裝介面建議尺寸表 (IM-2)

馬達型號	$\varnothing D$ (mm)			平面度 A (mm)	平面度 B (mm)
	Type A	Type B	Type C		
IM-2-2□	61.5	86	118	0.05	0.05
IM-2-4□	140	N/A	168	0.1	0.1
IM-2-7□	164.5	190	228	0.1	0.1
IM-2-A□	236.5	264	298	0.1	0.1
IM-2-G□	N/A	420	458	0.15	0.15

5.1.3 定子安裝介面設計(無冷卻外罩)

客戶外殼內徑與定子安裝孔公差建議 **H7** 或 **H8**，與定子接觸面平面度建議如圖 5.1.14、表 5.1.11 之平面度 **B**；客戶外殼出口處須倒角、去毛邊與圓角，建議尺寸如，才能避免組裝時傷到 O 型環而導致漏水。

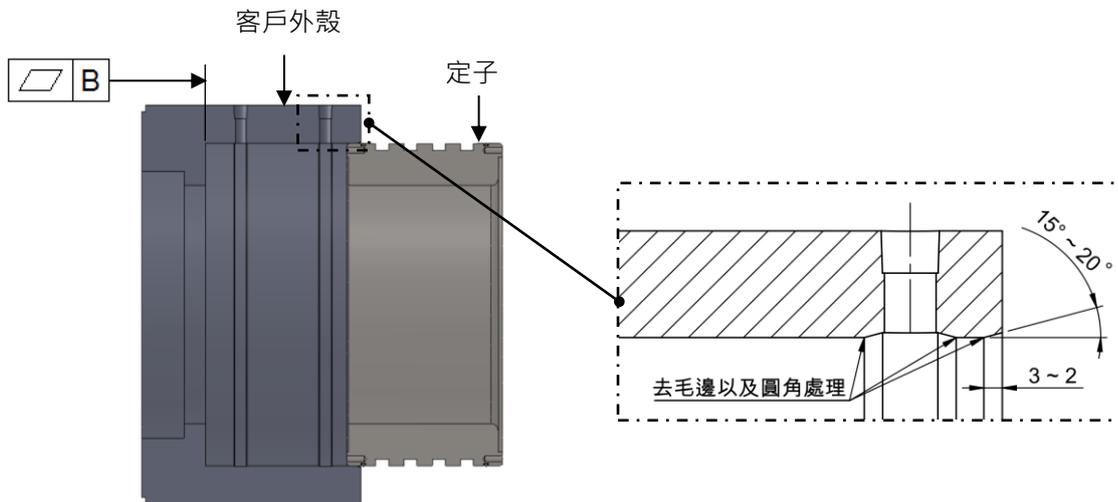


圖 5.1.14 定子安裝介面

5.1.4 定轉子氣隙與組裝同心度要求

安裝馬達時，氣隙介於定子與轉子之間，避免轉動時的任何損傷。可參考圖 5.1.15 並依據表 5.1.13~表 5.1.15 所制訂的最小氣隙值與組裝同心度需求，可確保馬達轉動時不會干涉。

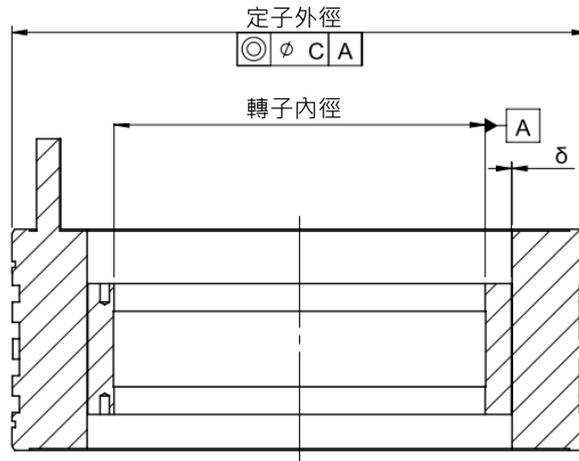


圖 5.1.15 定轉子氣隙與組裝同心度示意圖

表 5.1.13 TMRW 定轉子最小氣隙與組裝同心度尺寸

馬達型號	氣隙 δ (mm)	組裝同心度 C (mm)
TMRW1□	0.4	0.2
TMRW2□	0.4	0.2
TMRW4□	0.4	0.2
TMRW7□	0.4	0.2
TMRWA□	0.5	0.3
TMRWD□	0.5	0.3
TMRWG□	0.5	0.5

表 5.1.14 TM-5 定轉子最小氣隙與組裝同心度尺寸

馬達型號	氣隙 δ (mm)	組裝同心度 C (mm)
TM-5-1□	0.25	0.1
TM-5-2□	0.25	0.1
TM-5-4□	0.35	0.1
TM-5-7□	0.45	0.1
TM-5-A□	0.45	0.2
TM-5-D□	0.65	0.3
TM-5-G□	0.65	0.3

表 5.1.15 IM-2 定轉子最小氣隙與組裝同心度尺寸

馬達型號	氣隙 δ (mm)	組裝同心度 C (mm)
IM-2-2□	0.55	0.1
IM-2-4□	0.45	0.1
IM-2-7□	0.70	0.1
IM-2-A□	0.65	0.2
IM-2-G□	0.75	0.3

5.1.5 定轉子作用力

5.1.5.1 徑向力

當轉子與定子同心度偏移，定子與轉子之間會產生徑向力(如圖 5.1.16)。各系列馬達偏心率產生之徑向力如表 5.1.16 所示。

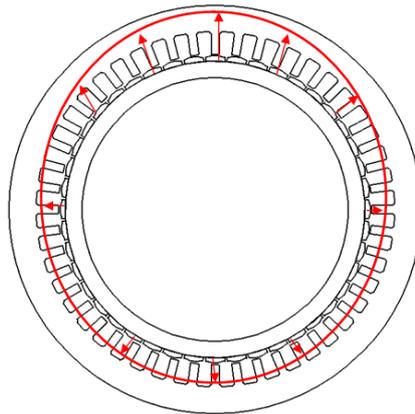


圖 5.1.16 定轉子同心度偏移與徑向力分佈示意圖

表 5.1.16 馬達徑向力

馬達型號	徑向力 F (N/mm)	馬達型號	徑向力 F (N/mm)	馬達型號	徑向力 F (N/mm)
TMRW1A	2184	TM-5-1A	2378	IM-2-2A	6684
TMRW2A	2590	TM-5-2A	2651	IM-2-4A	3783
TMRW4A	2946	TM-5-4A	4476	IM-2-7A	9700
TMRW7A	2899	TM-5-7A	4319	IM-2-AA	16390
TMRWAA	3574	TM-5-AA	6052	IM-2-GA	20648
TMRWDA	4350	TM-5-DA	7064	-	-
TMRWGA	5158	TM-5-GA	8001	-	-

不同馬達積厚的徑向力計算式如下：

$$Force = \text{徑向力 } F \times \frac{L}{100}$$

其中 L 表示馬達積厚，各系列馬達積厚如表 5.1.17。

表 5.1.17 各系列馬達積厚

Type	L (mm)
TMRW□3 / IM-2-□3 / TM-5-□3	30
TMRW□5 / IM-2-□5 / TM-5-□5	50
TMRW□7 / IM-2-□7 / TM-5-□7	70
TMRW□A / IM-2-□A / TM-5-□A	100
TMRW□F / IM-2-□F / TM-5-□F	150
TMRW□J / IM-2-□J / TM-5-□J	190
TMRW□K / IM-2-□K / TM-5-□K	200
TMRW□L / IM-2-□L / TM-5-□L	210

■ 範例

TMRW7F 徑向力：

$$Force = TMRW7F \text{ 's 徑向力 } F \times \frac{150}{100} = 2899 \times \frac{150}{100} = 4348.5 \text{ N/mm}$$

5.1.5.2 軸向力

當轉子往定子移動，定子與轉子之間會產生軸向力(如圖 5.1.17)。各系列馬達在安裝/拆卸過程中會產生之最大軸向力值如表 5.1.18，圖 5.1.17 中 X 為移動距離，單位為mm。

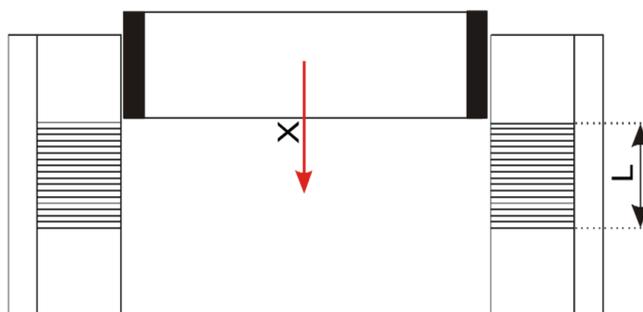


圖 5.1.17 定轉子軸向偏移示意圖

表 5.1.18 各系列馬達最大軸向力值

馬達型號	軸向力F(N)	馬達型號	軸向力F(N)	馬達型號	軸向力F(N)
TMRW1□	118	TM-5-1□	118	IM-2-2□	185
TMRW2□	176	TM-5-2□	192	IM-2-4□	216
TMRW4□	300	TM-5-4□	242	IM-2-7□	268
TMRW(S)7□	375	TM-5-7□	369	IM-2-A□	384
TMRWA□	528	TM-5-A□	398	IM-2-G□	480
TMRWD□	944	TM-5-D□	639	-	-
TMRWG□	1335	TM-5-G□	740	-	-

5.1.6 定轉子螺絲扭力規範

定、轉子固定螺絲建議採用強度等級 12.9 的螺絲，各馬達固定螺絲孔的規格以及螺絲的建議鎖緊扭矩如表

5.1.19、

表 5.1.20 所示，螺絲數量依圖面為主，建議鎖滿。

表 5.1.19 TMRW/TM-5 螺絲鎖緊力規範

TMRW 馬達型號	TM-5 馬達型號	螺紋孔規格	螺絲鎖緊扭矩 (kgf - cm)	螺絲鎖緊扭矩 (Nm)
TMRW1 系列 TMRW2 系列 TMRW4 系列 TMRW7 系列	TM-5-1 系列 TM-5-2 系列 TM-5-4 系列 TM-5-7 系列	M5 x 0.8P x 10DP	80	7.85
TMRWA 系列	TM-5-A 系列	M6 x 1P x 12DP	120	11.77
TMRWD 系列 TMRWG 系列	TM-5-D 系列 TM-5-G 系列	M8 x 1.25P x 12DP	250	24.52

表 5.1.20 IM-2 螺絲鎖緊力規範

IM-2 馬達型號	部件	螺紋孔規格	螺絲鎖緊扭矩 (kgf - cm)	螺絲鎖緊扭矩 (Nm)
IM-2-2 系列	定子	M5 x 0.8P x 10DP	80	7.85
IM-2-4 系列	轉子	M6 x 1.0P x 12DP	120	11.77
IM-2-7 系列	轉子	M6 x 1.0P x 12DP	120	11.77
IM-2-A 系列	定轉子	M6 x 1P x 12DP	120	11.77
IM-2-G 系列	定轉子	M8 x 1.25P x 12DP	250	24.52

5.1.7 馬達旋轉方向

當馬達接線方式參照表 5.2.2 時，轉子旋轉方向為順時針(從非出線側看轉子如圖 5.1.18)。



圖 5.1.18 轉子旋轉方向示意圖

5.1.8 機械安裝

馬達安裝的方式可分為下列兩種。

■ 定、轉子一起安裝

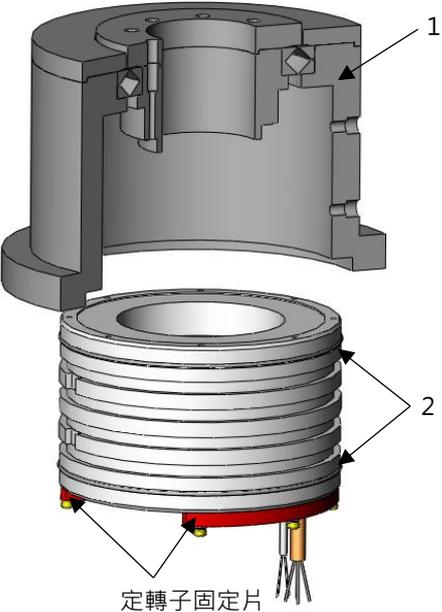
搭配 HIWIN 力矩馬達出貨時附加的定轉子固定治具，其安裝位置可位於出線端或另一端。客戶下單前可與 HIWIN 業務或設計單位洽談，定義定轉子固定治具的安裝位置，HIWIN 會出圖供客戶確認。

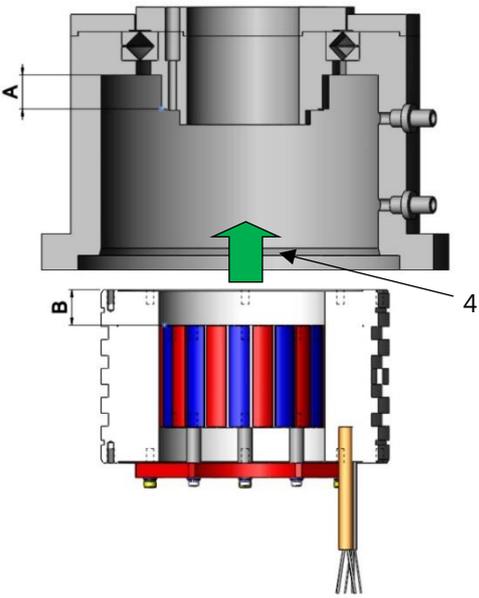
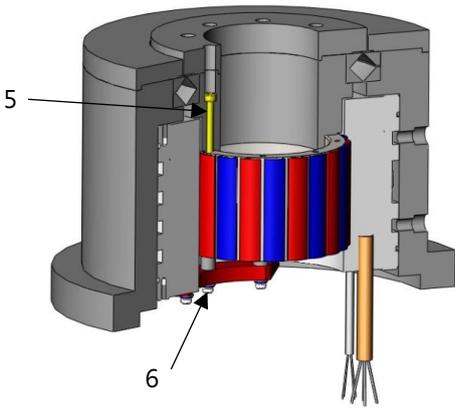
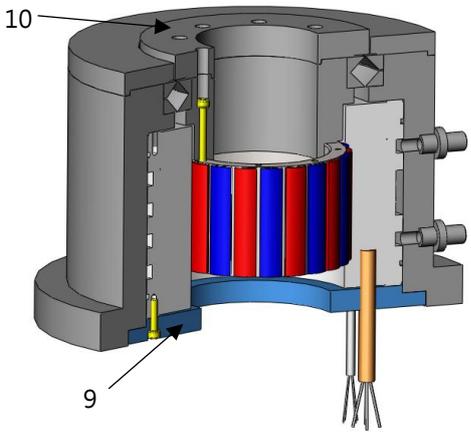
■ 定、轉子分開安裝

由客戶自行依機構的設計基準，設計導引治具安裝定、轉子。

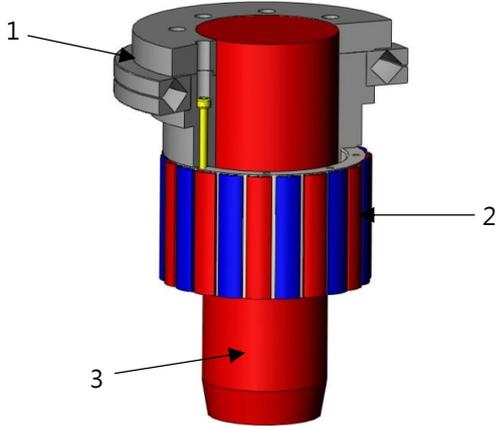
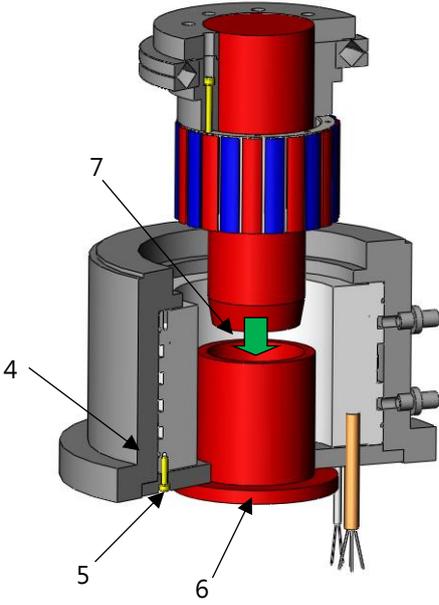
建議安裝步驟如下：

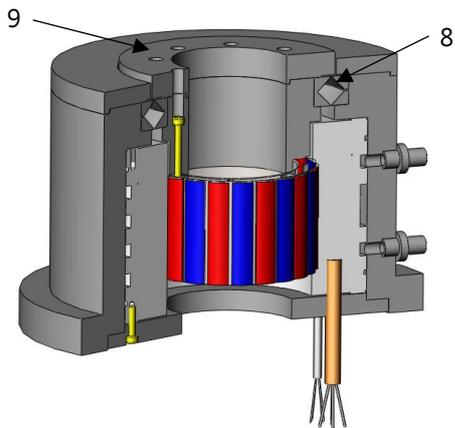
5.1.8.1 定、轉子一起安裝

圖例	安裝步驟
 <p>定轉子固定片</p>	<ol style="list-style-type: none">1. 組裝外殼、心軸與軸承相關配件。2. 組裝 O 型環於定子上。 <p>註：組裝時不可扭轉 O 型環。</p>

圖例	安裝步驟
 <p>4</p>	<ol style="list-style-type: none"> 為確保馬達在組裝過程中不受定轉子固定治具與客戶安裝工件的相互拉扯，建議組裝前量測心軸間距如 A 處、馬達定轉子高度如 B 處。 將定、轉子組合（定轉子固定治具不可拆下）裝入外殼，馬達進、出水口位置須對齊外殼冷卻液的進、出水口位置。且不可損傷 O 型環，以免漏水（外殼設計請參照第 5.1.3 節）。組裝時須注意轉子強磁，磁鐵外露的位置不可接近導磁物（鐵製品等），以免發生危險。 註：馬達進、出水口位置請參照 HIWIN 承認圖面標示。
 <p>5</p> <p>6</p>	<ol style="list-style-type: none"> 將轉子固定在心軸上，此時螺絲鎖緊扭矩為規範的 80%（螺絲鎖緊扭矩請參照第 5.1.6 節）。 放鬆定轉子固定治具上所有螺絲約 1/8 圈。若間距 $A > B$，請先鬆開轉子固定螺絲；間距 $A < B$，則先鬆開定子固定螺絲。 將轉子固定螺絲鎖緊至扭矩規範，再將定轉子固定治具螺絲完全旋開，拆除定轉子固定治具。 請務必確保螺絲鎖緊至扭矩規範。
 <p>10</p> <p>9</p>	<ol style="list-style-type: none"> 裝上底座，並鎖上定子固定螺絲（螺絲鎖緊扭矩請參照第 5.1.6 節）。 旋轉轉動部，確認轉動順暢，無干涉情形發生。 組裝其他部品，如冷卻液進出、水口接頭、下支撐軸承、編碼器等。

5.1.8.2 定、轉子分開安裝

圖例	安裝步驟
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 組裝心軸與軸承相關配件。 2. 組裝轉子於心軸上(螺絲鎖緊扭矩請參照第 5.1.6 節)。 3. 組裝導引治具於心軸上。
	<ol style="list-style-type: none"> 4. 組裝 O 型環於定子上。註：組裝時不可扭轉 O 型環。 5. 將定子組合裝入外殼，並鎖上定子固定螺絲 (螺絲鎖緊扭矩請參照第 5.1.6 節)。馬達進、出水口位置須對齊外殼冷卻液的進、出水口位置。且不可損傷 O 型環，以免漏水 (外殼設計請參照第 5.1.3 節)。 註：馬達進、出水口位置請參照 HIWIN 承認圖面標示。 6. 必要時，組裝下導引治具於心軸上。 7. 將轉動模組裝入固定部。轉子在裝入定子之前，導引治具須先接觸並結合，以避免定、轉子因強磁相互吸引而造成危險或無法組裝。



8. 固定軸承並拆下導引治具。
9. 參照第 5.1.4 節，確認氣隙以及組裝同心度。
10. 旋轉轉動部，確認轉動順暢，無干涉情形發生。
11. 組裝其他部品，如冷卻液進出、水口接頭、下支撐軸承、編碼器等。

5.2 電氣連接

5.2.1 配線注意事項

1. 使用產品前，請先閱讀規格標籤標示之供應電源，並確認所使用之供應電源符合產品要求。
2. 請檢查馬達配線是否正確。不正確的配線可能會造成馬達不正常運轉，導致馬達故障或損壞。
3. 外接延長線時，請挑選有隔離網之延長線，隔離網須做接地處理。
4. 避免電源電纜線與溫控電纜線共用一條延長線。
5. 電源電纜線與溫控電纜線含有隔離網，隔離網須做接地處理。

5.2.2 馬達電纜線

馬達規格品的電源與溫控電纜線長度為 $2000\text{ mm}\pm 50\text{ mm}$ (如圖 5.2.1 所示)，出線端不包含金屬接頭連接器。客戶可選用其他長度之電纜線，以每 500 mm 為單位，最長可達 10000 mm (含延長線的情況總長超過 10 米應用時請參照第 3.4 節)。

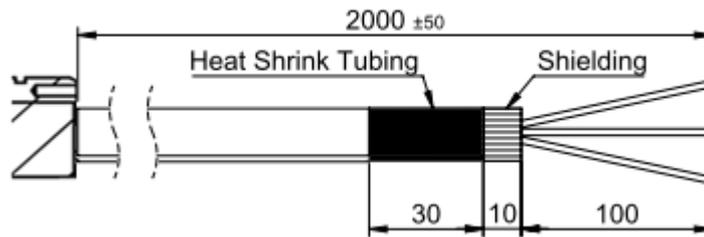


圖 5.2.1 馬達電纜線

5.2.2.1 電源電纜線規範

電源電纜線使用 IGUS®的 Chainflex®(CF27)、Chainflex®(CF270)、Chainflex®(CF310)與 LAPP®的 Olflex® Servo FD 796CP (均經 UL 與 CE 認證)，線徑主要由力矩馬達水冷下之連續電流值所決定。線徑與力矩馬達型號之對照如下表 5.2.1 所示。

註：電源電纜線含有隔離網，隔離網須做接地處理。(參照第 5.2.2.3 節)

表 5.2.1 線徑與力矩馬達型號對照表

Cross-sectional area (mm ²)	Type				
1.5	TMRW13(L)	TMRW15(L)	TMRW17(L)	TMRW1A(L)	TMRW1F
	TMRW23(L)	TMRW25(L)	TMRW27(L)	TMRW2A(L)	TMRW2F
	TMRW43	TMRW45	TMRW47	TM-5-13-LA6	TM-5-15-LA6
	TM-5-17-LA6	TM-5-1A-LA6	TM-5-23-SA6	IM-2-23-PA	IM-2-25-PA
	IM-2-27-PA	IM-2-43-LA	IM-2-45-LA		
2.5	TMRW43L	TMRW45L	TMRW47L	TMRW4A	TMRW4F
	TMRW73	TMRW75	TMRW77	TMRW7A	TMRW7F
	TMRWA3	TMRWA5	TM-5-13-SA6	TM-5-15-SA6	TM-5-17-SA6
	TM-5-1A-SA6	TM-5-1F-PA6	TM-5-1F-SA6	TM-5-23-PB6	TM-5-25-SA6
	TM-5-25-PB6	TM-5-27-SA6	TM-5-27-PB6	TM-5-2A-SA6	TM-5-2A-PB6
	TM-5-2F-PB6	TM-5-43-PA6	TM-5-43-SA6	TM-5-45-PA6	TM-5-45-SA6
	TM-5-47-SA6	TM-5-4A-SA6	TM-5-4F-SA6	TM-5-73-PB6	TM-5-75-PB6
	TM-5-77-PB6	TM-5-G3-WA6	IM-2-23-PB	IM-2-25-PB	IM-2-27-PB
	IM-2-2A-PB	IM-2-2F-PB	IM-2-73-SA	IM-2-A3-PB	
4.0	TMRW1FL	TMRW2FL	TMRW4AL	TMRW4FL	TMRW73L
	TMRW75L	TMRW77L	TMRW7AL	TMRW7FL	TMRWA3L
	TMRWA5L	TMRWA7	TMRWAA	TMRWD3	TMRWD5
	TMRWD7	TMRWDA	TMRWG3	TMRWG5	TMRWG7
	TM-5-2F-SB6	TM-5-47-PB6	TM-5-4A-PB6	TM-5-73-SB6	TM-5-75-SB6
	TM-5-77-SB6	TM-5-7A-SB6	TM-5-7F-SB6	TM-5-A3-PC6	TM-5-A5-PC6
	TM-5-A7-PC6	TM-5-AA-PC6	TM-5-AF-PC6	TM-5-D3-WA6	TM-5-D5-WA6
	TM-5-D7-WA6	TM-5-DA-WA6	TM-5-DF-WA6	TM-5-G5-WA6	TM-5-G7-WA6
	TM-5-GA-WA6	IM-2-43-SA	IM-2-45-SA	IM-2-47-SA	IM-2-4A-SA
	IM-2-4F-SA	IM-2-73-SB	IM-2-75-SB	IM-2-77-SB	IM-2-7A-SB
	IM-2-A3-PC	IM-2-A5-PC	IM-2-A7-PC	IM-2-AA-PC	IM-2-G5-SB
	IM-2-G7-SB	IM-2-GA-SB			
6.0	TMRWA7L	TMRWAAL	TMRWAF	TM-5-4F-SB6	TM-5-A3-SC6

	TM-5-A5-SC6	TM-5-D3-WB6	TM-5-G3-WB6	TM-5-G5-WB6	IM-2-2A-PD
	IM-2-2F-PD	IM-2-47-SB	IM-2-4A-SB	IM-2-4F-SB	
10.0	TMRWAF	TMRWD3L	TMRWD5L	TMRWD7L	TMRWDAL
	TMRWDF	TMRWG3L	TMRWG5L	TMRWG7L	TMRWGA
	TMRWGF	TM-5-7A-SD6	TM-5-7F-SD6	TM-5-A7-PF6	TM-5-AA-PF6
	TM-5-AF-PF6	TM-5-D5-WB6	TM-5-D7-WB6	TM-5-DA-WB6	TM-5-DF-WB6
	TM-5-G7-WB6	TM-5-GA-WB6	TM-5-GF-WB6	IM-2-75-SD	IM-2-77-SD
	IM-2-7A-SD	IM-2-7F-SD	IM-2-A5-PF	IM-2-A7-PF	IM-2-AA-PF
	IM-2-AF-PF	IM-2-G5-SD	IM-2-G7-SD	IM-2-GA-SD	IM-2-GF-SD
25.0	TMRWDFL	TMRWGAL	TMRWGFL	IM-2-AF-SF	IM-2-GF-SH
	IM-2-7F-WD				
35.0	TM-5-GF-WE6				

電源線線色與訊號關係如表 5.2.2 所示。

表 5.2.2 電源線線色與序號關係

線色與編號	訊號	圖示
黑色線、標號 L1/U	U	
黑色線、標號 L2/V	V	
黑色線、標號 L3/W	W	
黃滾綠色線	接地	

5.2.2.2 溫控電纜線規範

溫控電纜線使用 IGUS®的 Chainflex® (CF240)。標準規格中 (Type B)有三顆溫度感測器：一組 PTC100、一組 PTC120(130)，與一顆 Pt1000。Pt1000 溫度感測器安裝於馬達線圈中，其內部含有靜電放電防護裝置。各 Type 所使用的溫度感測器如表 5.2.3。溫控電纜線截面積為 0.25 mm²，圖 5.2.2 至圖 5.2.5 為各 Type 溫控線線色對照連接圖。

註：溫控電纜線含有隔離網，隔離網須做接地處理。(參照第 5.2.2.3 節)

⚠ 注意

請確實連接溫控電纜線，若未監控溫度感測器而造成馬達高溫毀損，HIWIN 公司不承擔任何的工業事故和財產損失責任。

表 5.2.3 溫度感測器搭配

Type	溫度感測器	備註
Type A	PTC120(130) + Pt1000	-
Type B	PTC100 + PTC120(130) + Pt1000	標準
Type C	PTC120(130) + 3x Pt1000	-
Type D	PTC100 + PTC120(130) + 3x Pt1000	-

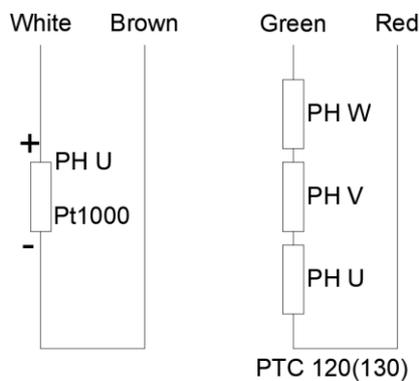


圖 5.2.2 Type A 溫控線線色對照連接圖

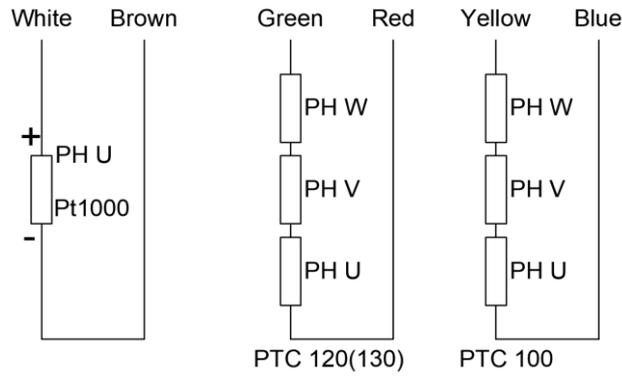


圖 5.2.3 Type B 溫控線線色對照連接圖

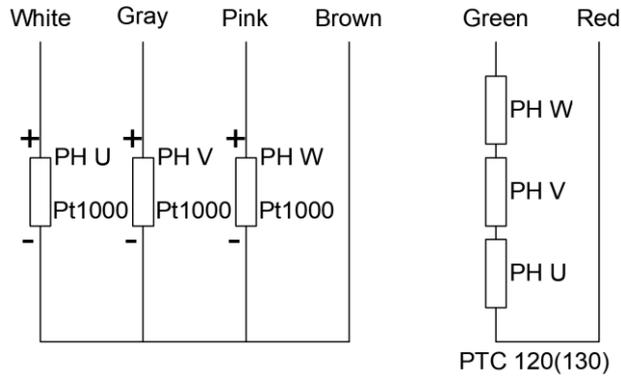


圖 5.2.4 Type C 溫控線線色對照連接圖

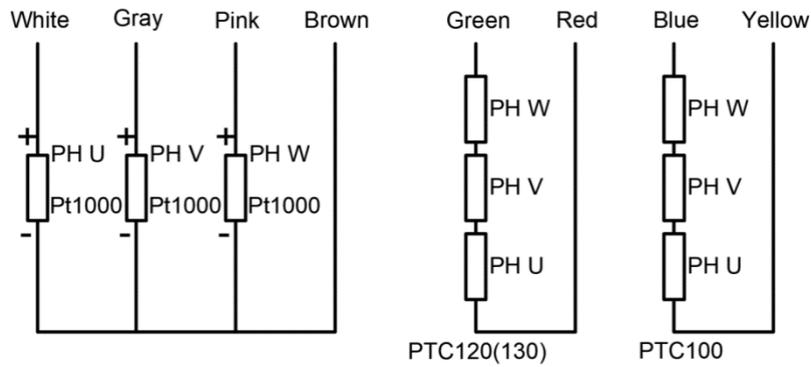


圖 5.2.5 Type D 溫控線線色對照連接圖

5.2.2.3 電磁兼容性 (EMC)

正確的安裝與連接電纜線的隔離網，以及保護導體是必須被執行的。安裝正確不但可以保護人身安全，還可以降低噪音的產生。馬達控制器的電源模組皆使用 PWM 電壓切換來控制馬達，PWM 切換將會造成 EMI 輻射，並對傳感器訊號產生負面的影響。因此，為符合 EMC 的環境，以下的電纜線必須使用隔離網：

- (1) 電源模組上所有的電纜線(包含連接在濾波器、電抗器等模組上的轉接線)。
- (2) 所有的馬達電纜線(包含馬達動力線、溫度感測訊號線與編碼器訊號線等外線)。
- (3) 感知元件所用的電纜線。
- (4) 回饋訊號的電纜線。

為了減少干擾，建議以下作法與檢測：

- (1) 馬達動力線與溫度感測訊號線必須有獨立隔離網，如電纜線長度大於 1 米，電纜線兩端的隔離網皆必須接地。
- (2) 長電纜線與靠近傳感器電纜線的馬達動力線皆須使用隔離網接地。
- (3) 所有的接地位置至系統接地，其接地電阻需小於 1Ω(根據 standard IEEE 80)。
- (4) 機台與機台間互相接地串聯時，建議使用接地帶(ground straps)或是使用面接觸，盡量避免使用小線徑的接地線。
- (5) 設備接地時，建議至少使用等效銅線截面積 10 mm² 以上的接地線。
- (6) 避免打開或斷開定子上的金屬接頭或電纜固定頭，內部的隔離網可能會損壞或失效。
- (7) 當使用自製電纜延長線時，請確保符合 EMC 的標準設計與安裝。

隔離網接地分成兩種，一種是使用具有 IP66 以上等級的金屬接頭對接，其接法則參照金屬接頭的安裝手冊，隔離網必須與金屬接頭導通，如圖 5.2.6。另一種是單隔離網安裝，馬達電纜線的隔離網可透過電纜夾連接到金屬結構(例如機殼、控制箱或機器)，安裝時，接地位置必須靠近控制器和馬達，如圖 5.2.7、圖 5.2.8 所示。

不同類型的接地方式各有其優缺點，最重要的是每件設備的接地電阻必須盡可能低，以便設備間提供均衡的電位。



圖 5.2.6 隔離網必須與金屬接頭導通

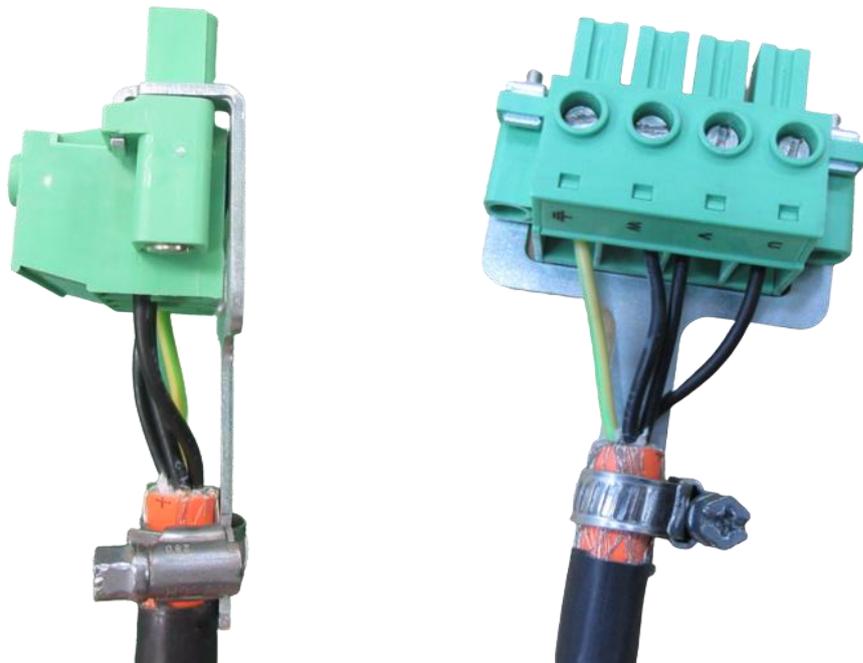


圖 5.2.7 使用金屬環將隔離網固定在隔離網連接板上

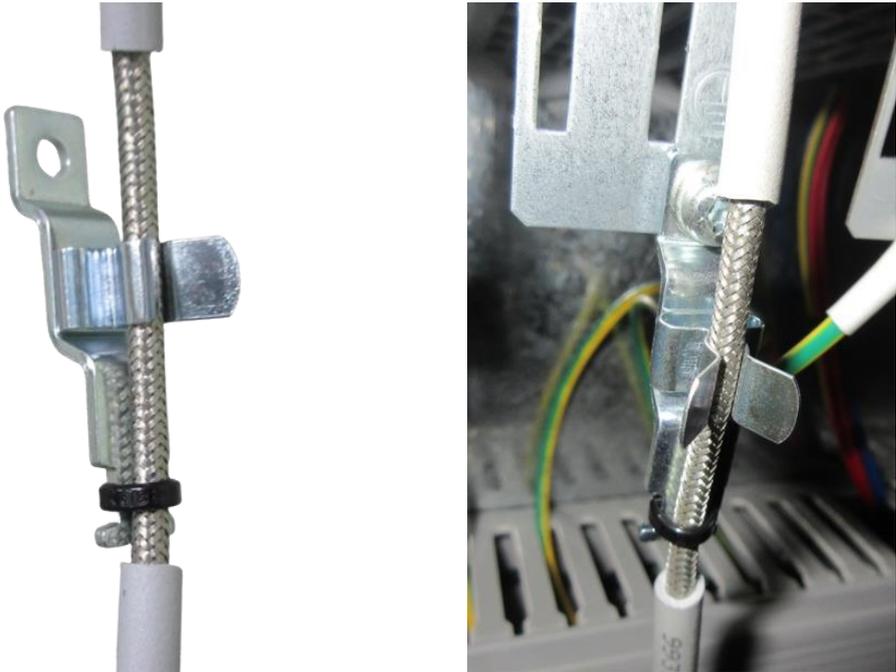
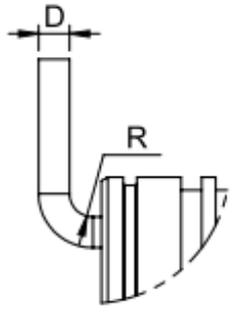


圖 5.2.8 使用固定接地夾將隔離網接地

5.2.2.4 Bending radius of cable

表 5.2.4 為力矩馬達使用的電源與溫控電纜線最小之彎曲半徑對照表。

表 5.2.4 電纜線彎曲半徑對照表

特性	圖示	電源電纜線		溫度控制電纜線
		Olflex® servo FD	Chainflex® CF27 Chainflex® CF270	Chainflex®
固定安裝之 最小彎曲半徑		R= 4 x D	R= 4 x D R= 5 x D	R= 5 x D
移動安裝之 最小彎曲半徑		R= 7.5 x D	R= 7.5 x D R= 10 x D	R= 10 x D

由於電纜線供應商的版次更新，彎曲半徑可能與上表提供之資訊不同。在這種情況下，請使用電纜線供應商提供的最新數據。

5.2.3 馬達並聯運轉設計

力矩馬達可做同軸並聯運轉，電源線必須依照表 5.2.5 之連接方式進行電源電纜線之連接。圖 5.2.11 至圖 5.2.26 為馬達並聯運轉情況一與情況二的細部接線圖。

表 5.2.5 馬達電源電纜線並聯連接方式

			情況一				情況二	
系列	驅動器	Master	Slave	Master	Slave	Master	Slave	
1	1 A	U	U	U	U	U	V	
	TMRW 2 D Series	W	W	W	W	W	W	
	7 G	V	V	V	V	V	U	
2	TMRW4 Series	U	U	U	U	U	W	
		W	W	W	W	W	U	
		V	V	V	V	V	V	
3	TM-5 Series	U	U	U	U	U	U	
		W	W	W	W	W	V	
		V	V	V	V	V	W	

以並聯驅動多顆馬達的同時，須注意以下幾點：

1. 欲並聯驅動馬達，請洽 HIWIN 工程部門。
2. 並聯運轉之馬達須為相同型號。
3. 並聯運轉之馬達反電動勢相序必須相同。
4. 並聯時必須注意定轉子相對位置必須依照表 5.2.6、表 5.2.7 其中定子參考點在 TMRW 為出線正對位置，TM-5 則為 Pin 孔，轉子參考點在 TMRW 為記號點，TM-5 則為 Pin 孔。如果並聯馬達在額定負載下，但並沒有做好位置對正，將會使其中一顆馬達在並聯運轉中過載並過熱。
5. 電源電纜線與溫控電纜線含有隔離網，隔離網須做接地處理。
6. 組裝後馬達動力線先不與驅動器連接，需量測手動推動時，用示波器取 Master 與 Slave 之波峰數值接近處(等速段)，確認波形是否重合(Master 與 Slave 相角誤差小於±5°，其他相亦然)，確認後才可將馬達動力線與驅動器連接並送電。(參考圖 5.2.9,圖 5.2.10)

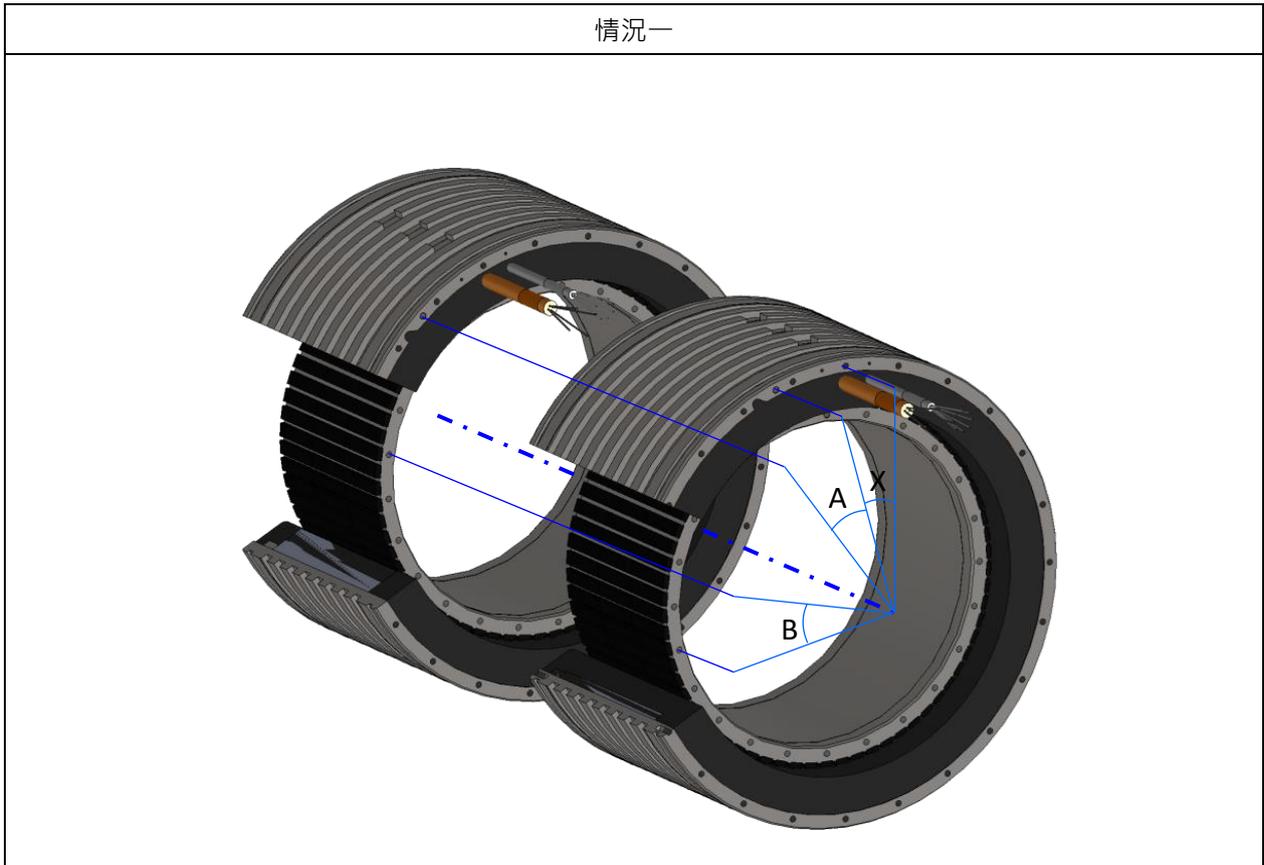
並聯參數請洽 HIWIN 工程部門。

X 為有定位 Pin 的定子，與出線的夾角。

A 為 Master 與 slave 的馬達定子 Pin 孔相對夾角位置，若為無 Pin 孔馬達，則為出線相對夾角位置。

B 為 Master 與 slave 的馬達轉子 Pin 孔相對夾角位置，若為無 Pin 孔馬達，則為記號點相對夾角位置。

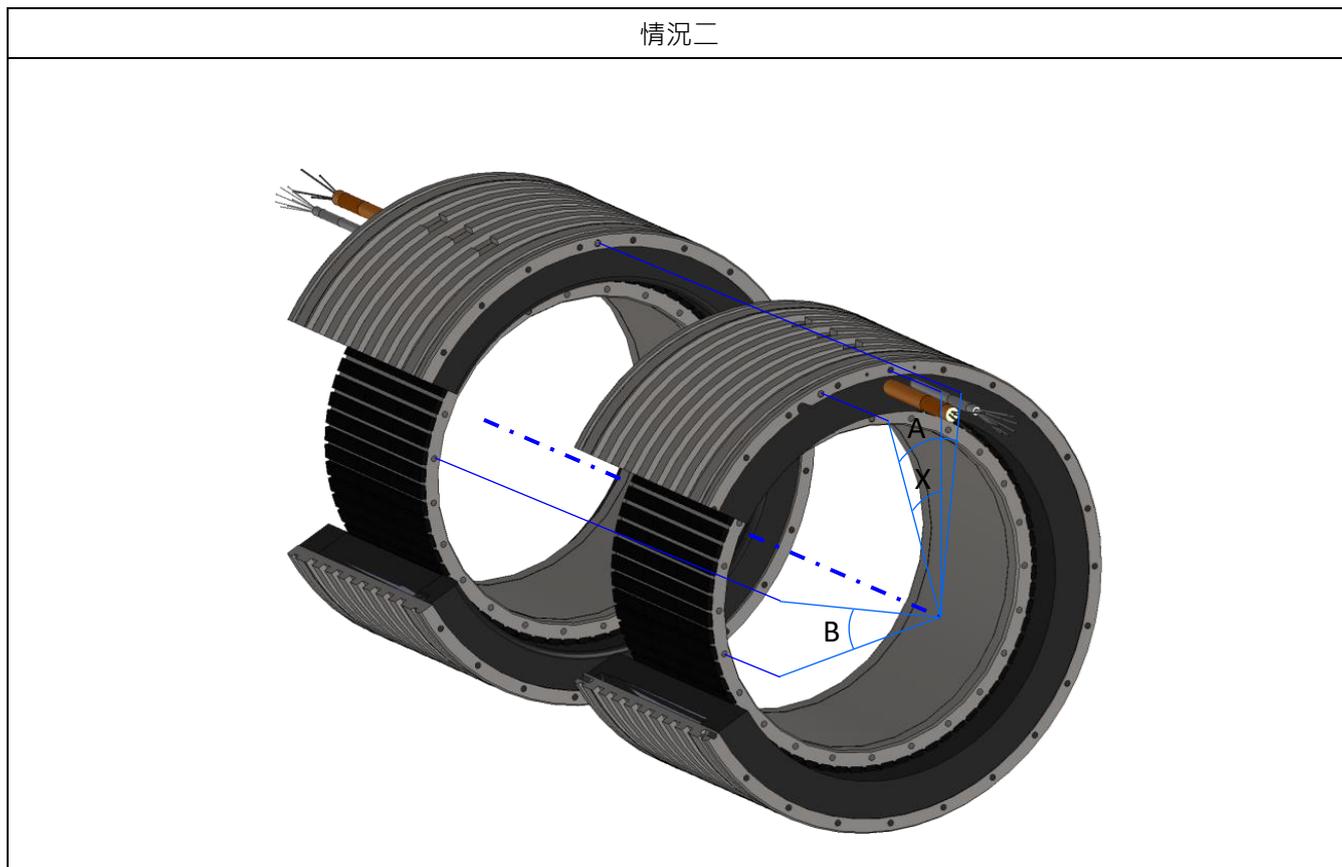
表 5.2.6 情況一位置



系列	P (極對數)	X [deg] (Pin)	A [deg]	B [deg]	容許定位誤差 [deg]
TMRW1	11	0	$Z \times \frac{360}{p}$		±0.454
TMRW2	11	0			±0.454
TMRW4	11	0			±0.454
TMRW7	22	0			±0.227
TMRWA	33	0			±0.151
TMRWD	44	0			±0.113
TMRWG	44	0			±0.113
TM-5-1	11	30			±0.454
TM-5-2	11	30			±0.454
TM-5-4	22	22.5			±0.227
TM-5-7	22	22.5			±0.227
TM-5-A	30	20			±0.166
TM-5-D	30	18.75			±0.166
TM-5-G	35	18.75			±0.142

其中 Z 為整數, (0, ±1, ±2)

表 5.2.7 情況二位置



系列	P (極對數)	X [deg] (Pin)	A [deg]	B [deg]	容許定位誤差 [deg]
TMRW1	11	0	$Z \times \frac{360}{p} + 2X$	$Z \times \frac{360}{p}$	±0.454
TMRW2	11	0			±0.454
TMRW4	11	0			±0.454
TMRW7	22	0			±0.227
TMRWA	33	0			±0.151
TMRWD	44	0			±0.113
TMRWG	44	0			±0.113
TM-5-1	11	30			±0.454
TM-5-2	11	30			±0.454
TM-5-4	22	22.5			±0.227
TM-5-7	22	22.5			±0.227
TM-5-A	30	20			±0.166
TM-5-D	30	18.75			±0.166
TM-5-G	35	18.75			±0.142

其中 Z 為整數, (0, ±1, ±2)

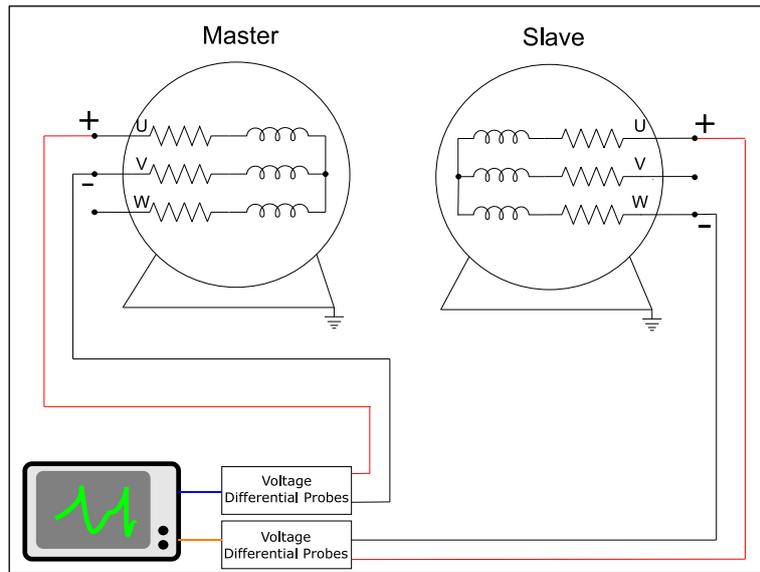


圖 5.2.9 並聯下測試連接圖 (範例為情況二、系列 3 以及量測驅動器端 U-V)

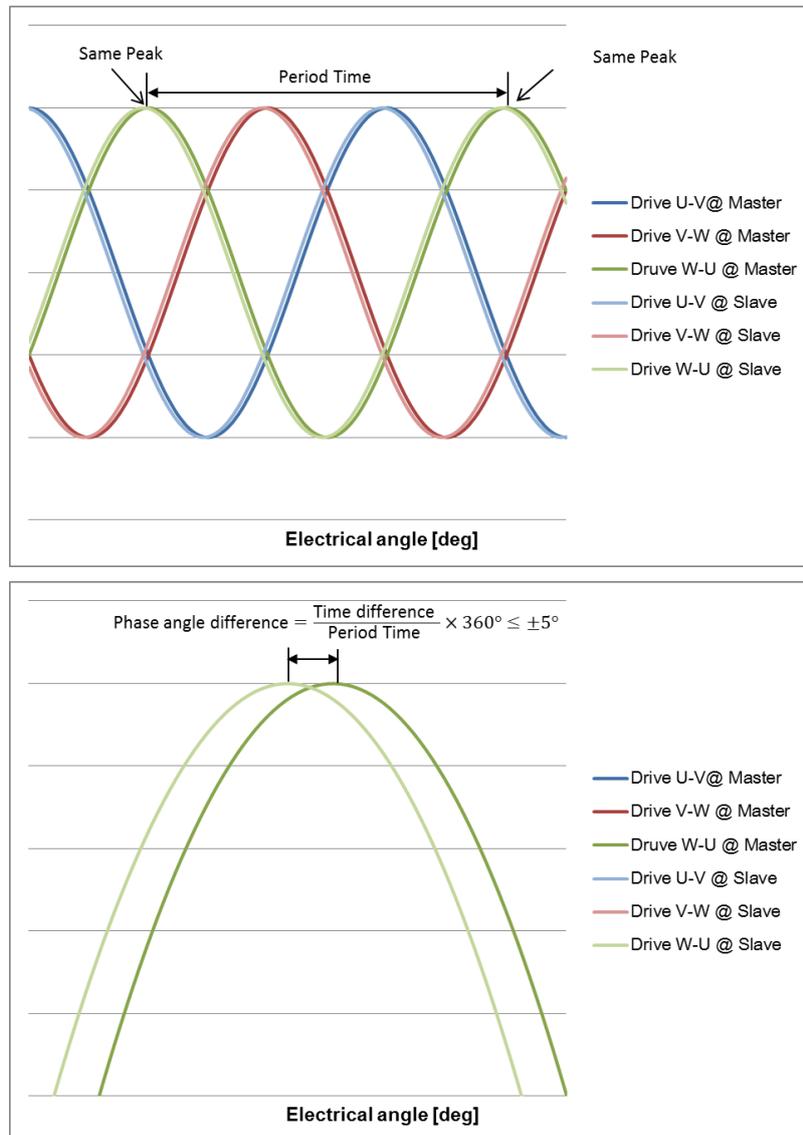


圖 5.2.10 容許主從端馬達電機角度誤差

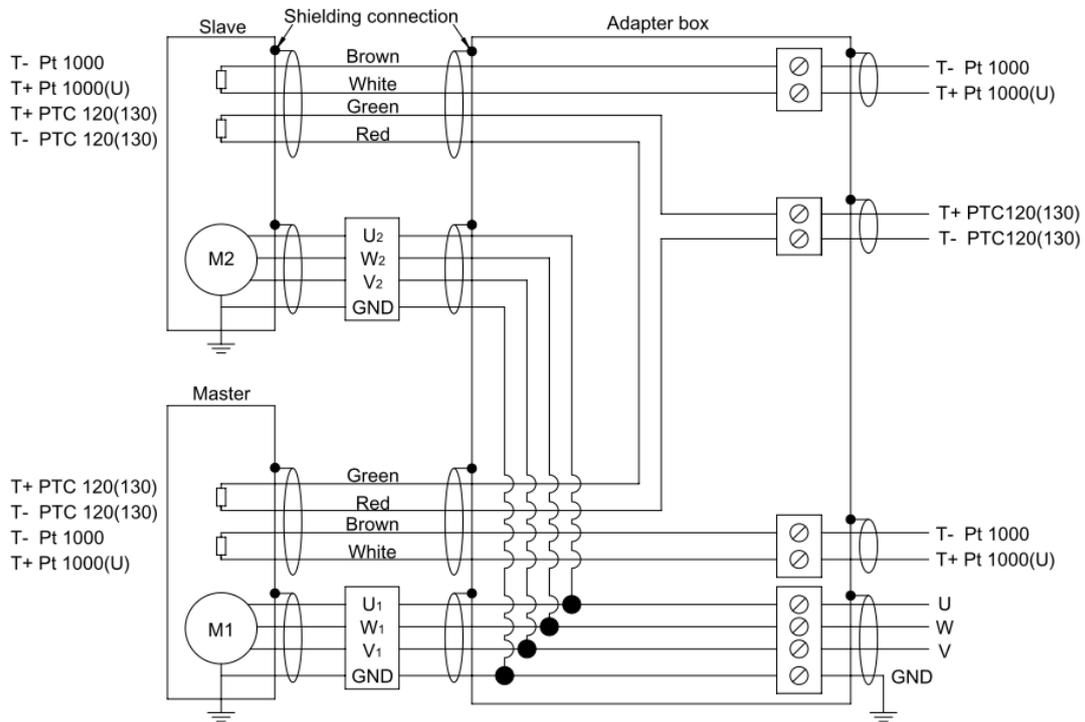


圖 5.2.11 溫控 Type A, 情況一, 系列 1~3

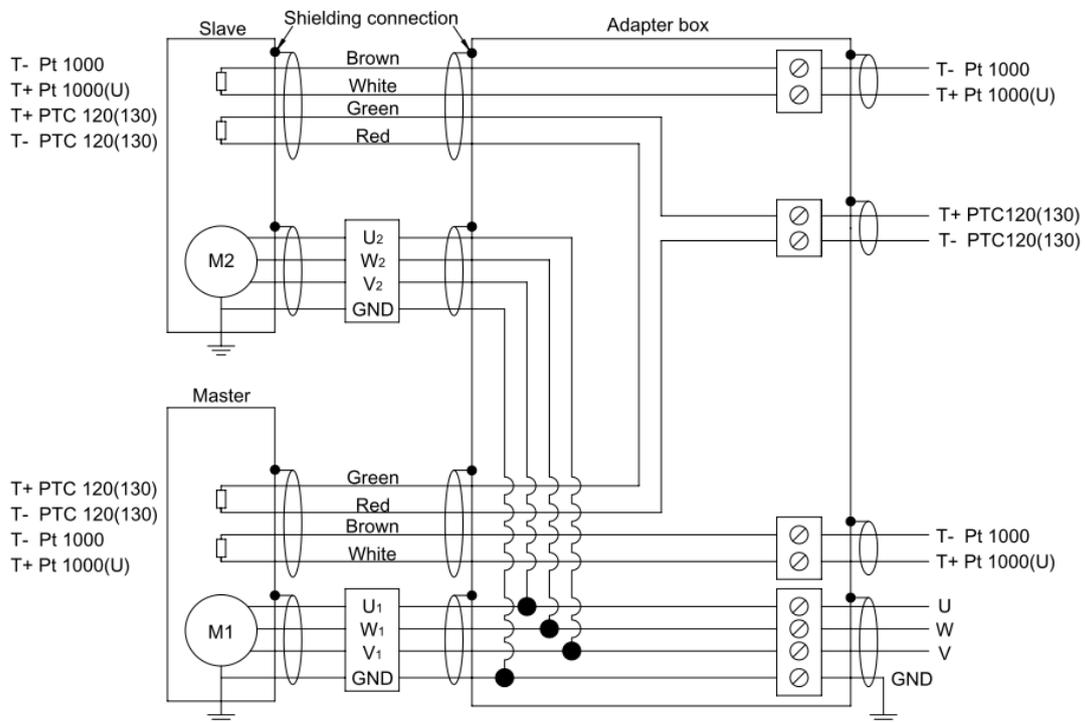


圖 5.2.12 溫控 Type A, 情況二, 系列 1

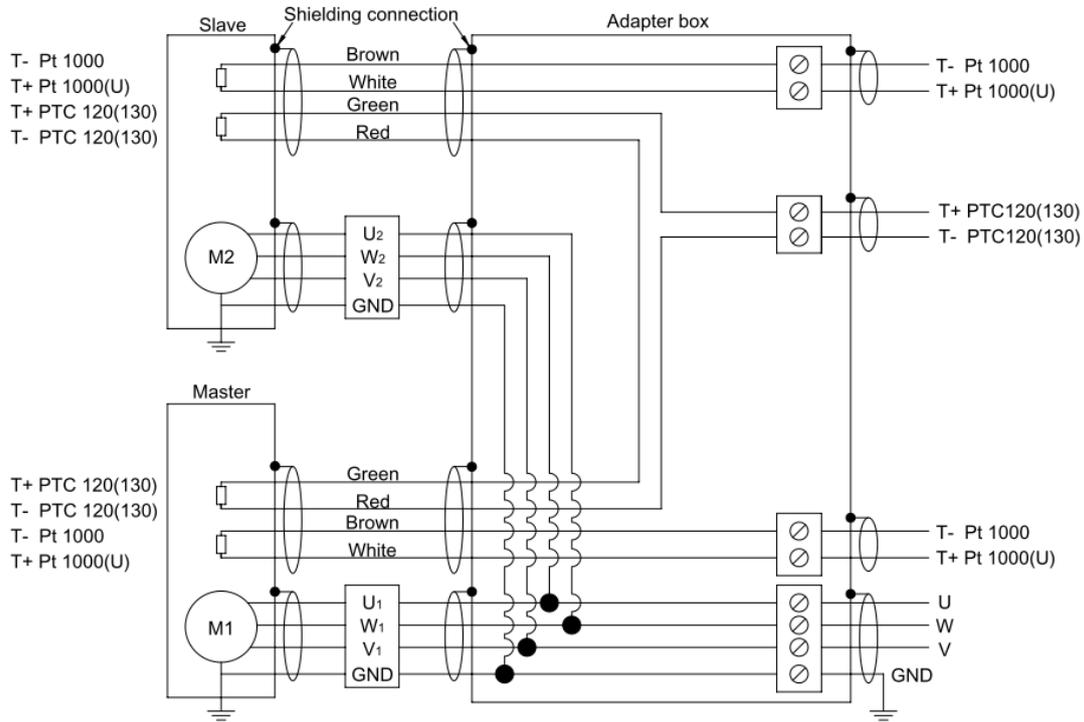


圖 5.2.13 溫控 Type A, 情況二, 系列 2

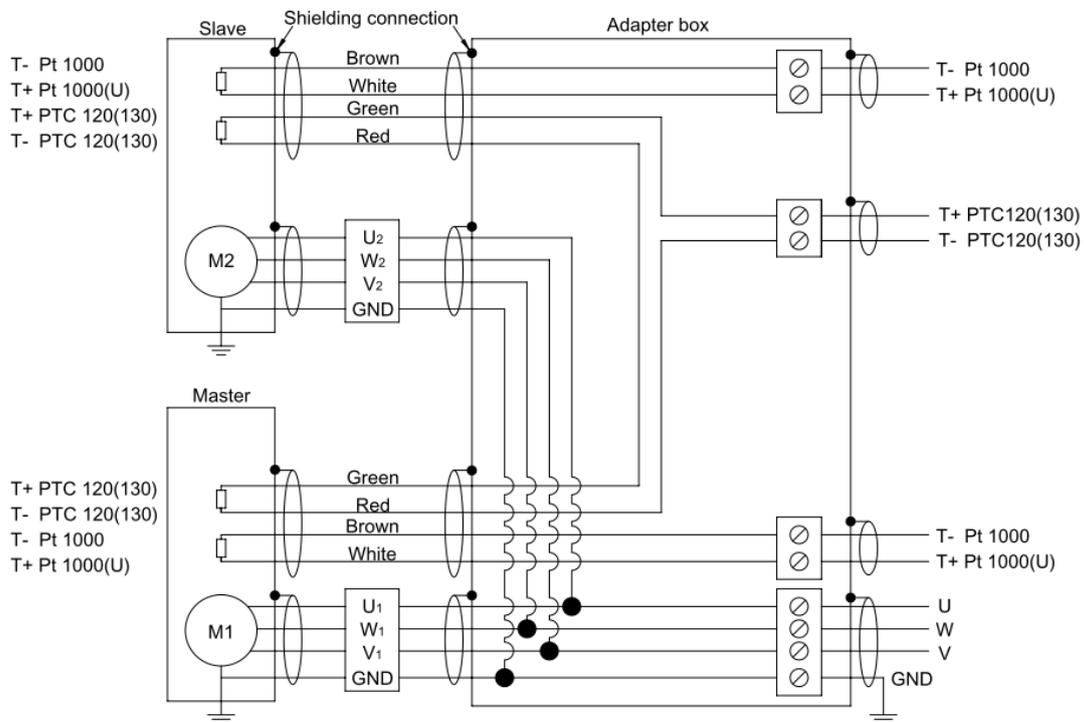


圖 5.2.14 溫控 Type A, 情況二, 系列 3

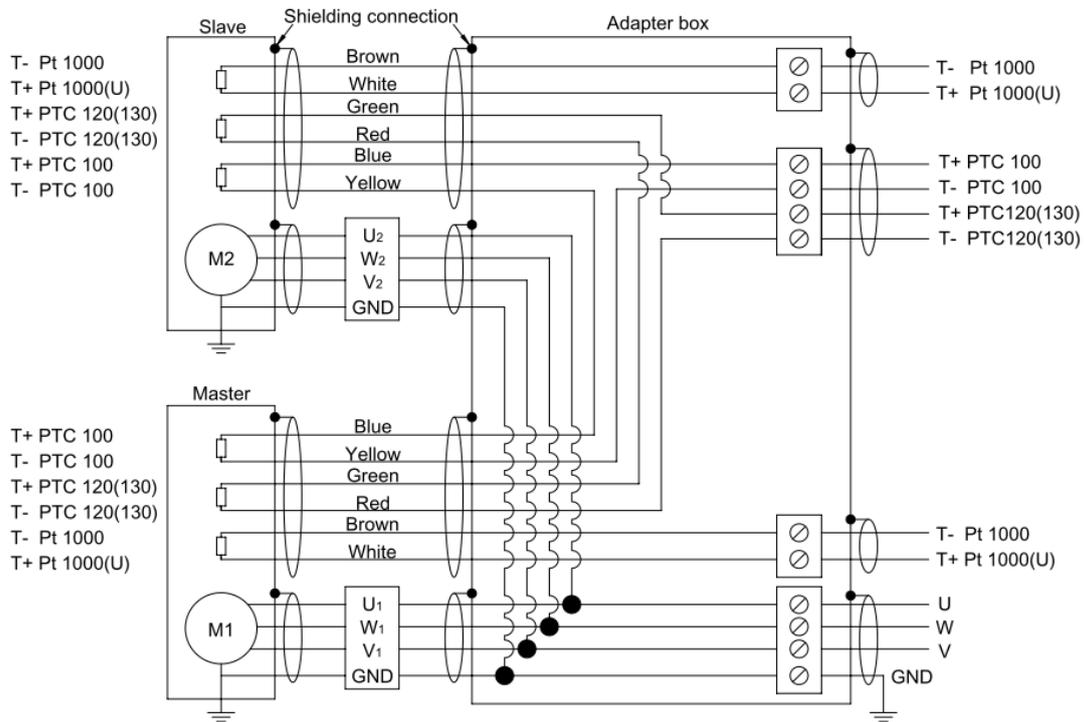


圖 5.2.15 溫控 Type B, 情況一, 系列 1~3

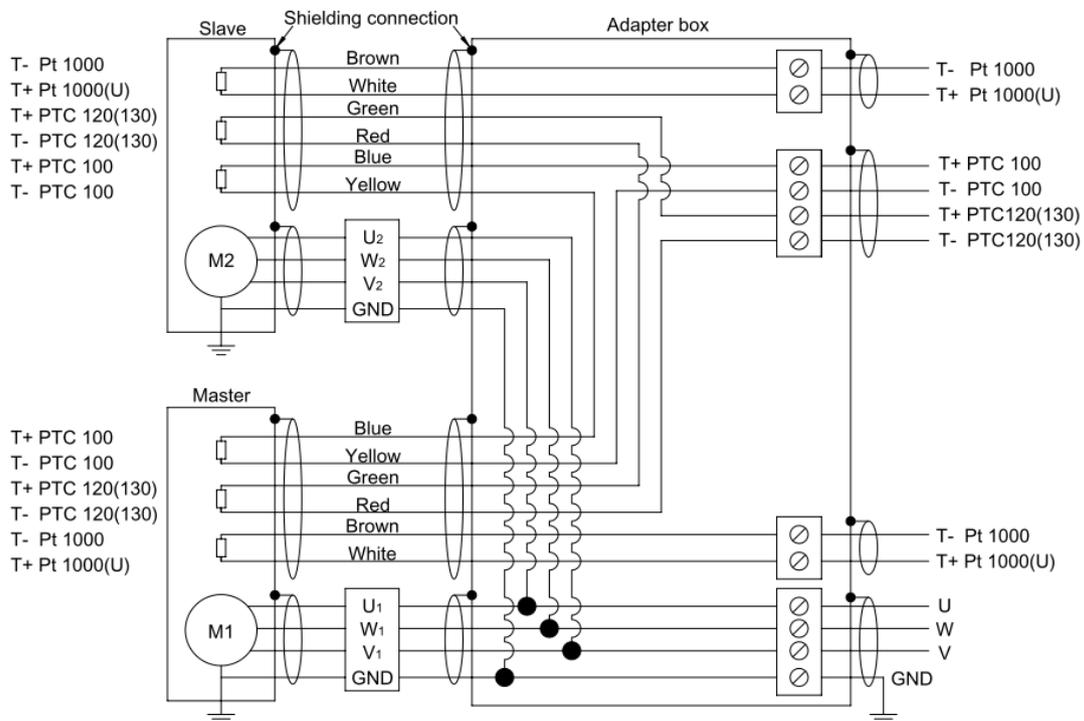


圖 5.2.16 溫控 Type B, 情況二, 系列 1

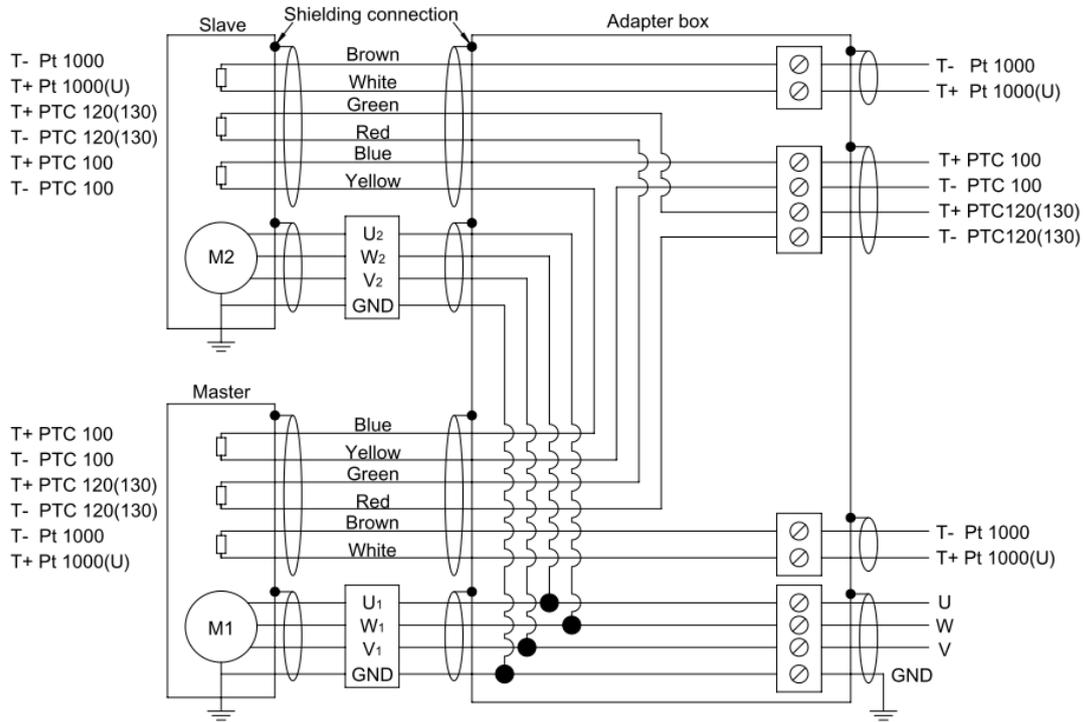


圖 5.2.17 溫控 Type B, 情況二, 系列 2

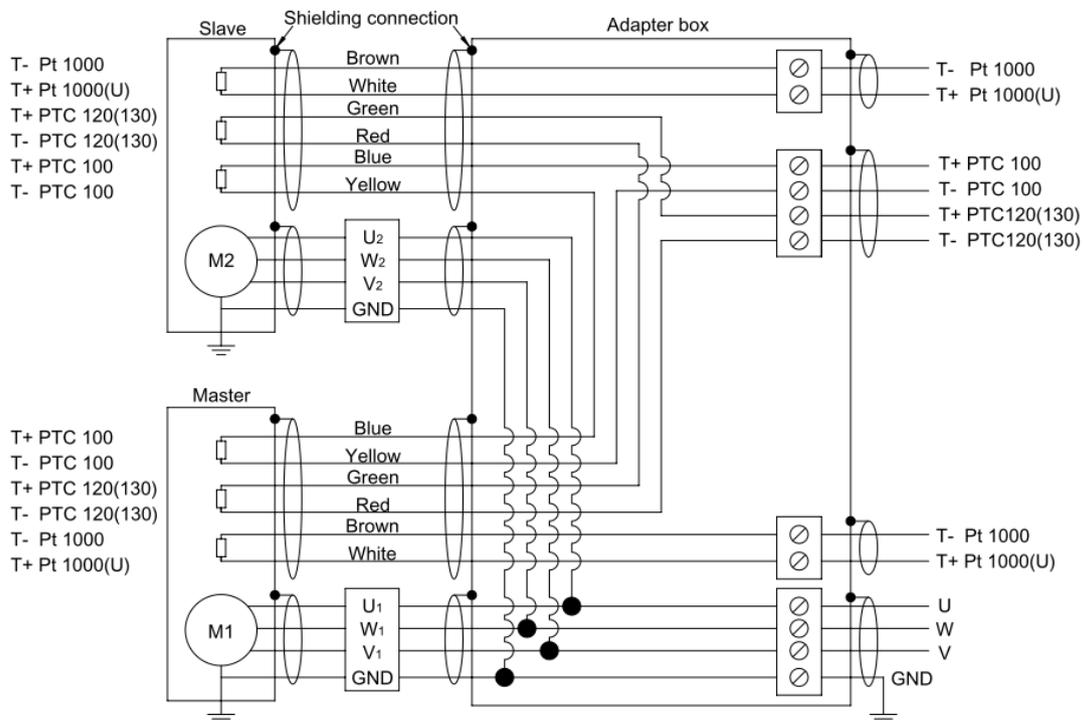


圖 5.2.18 溫控 Type B, 情況二, 系列 3

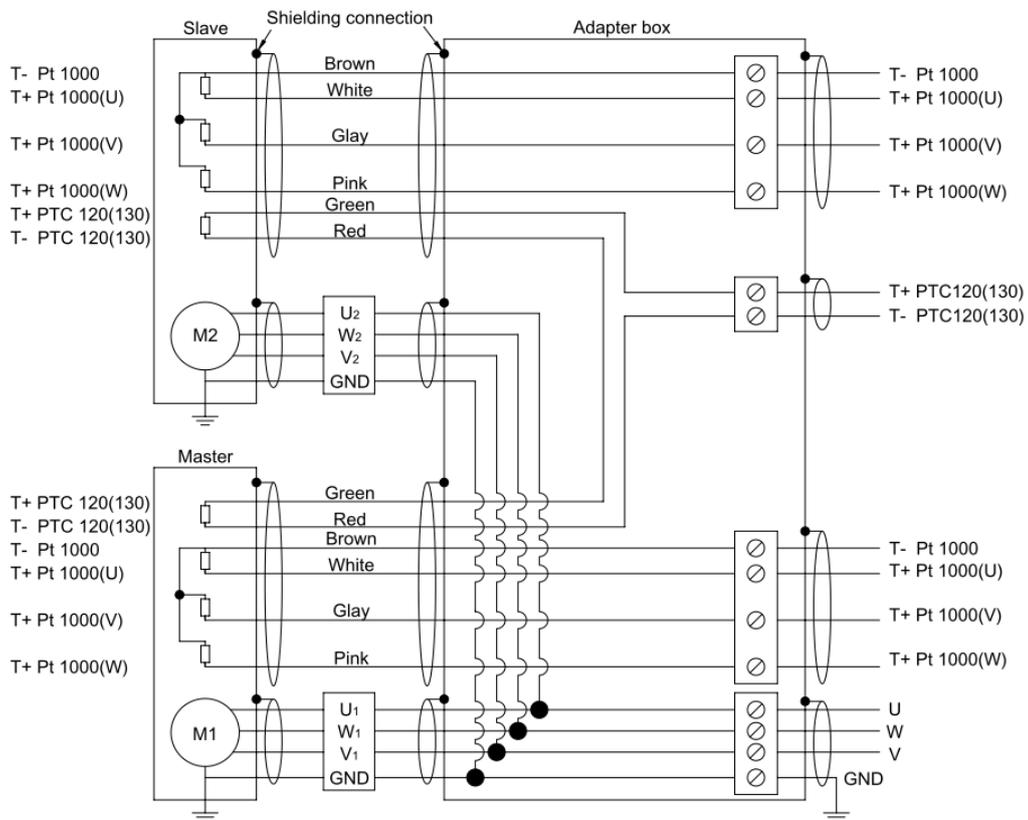


圖 5.2.19 溫控 Type C, 情況一, 系列 1~3

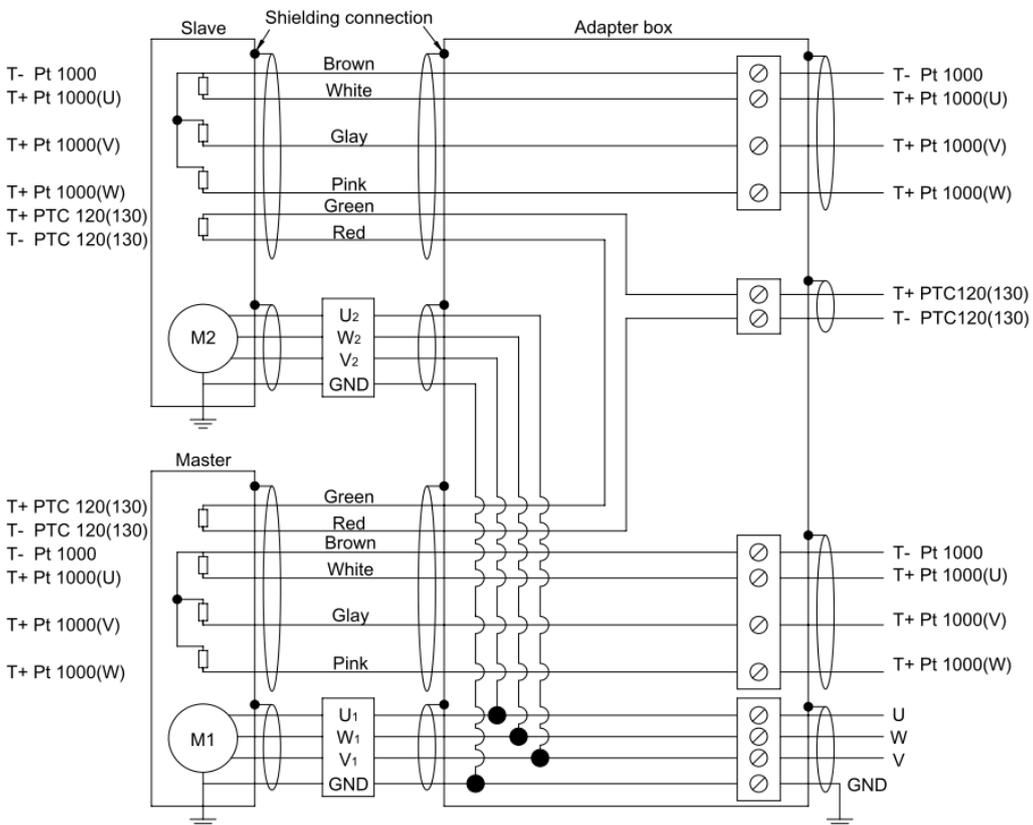


圖 5.2.20 溫控 Type C, 情況二, 系列 1

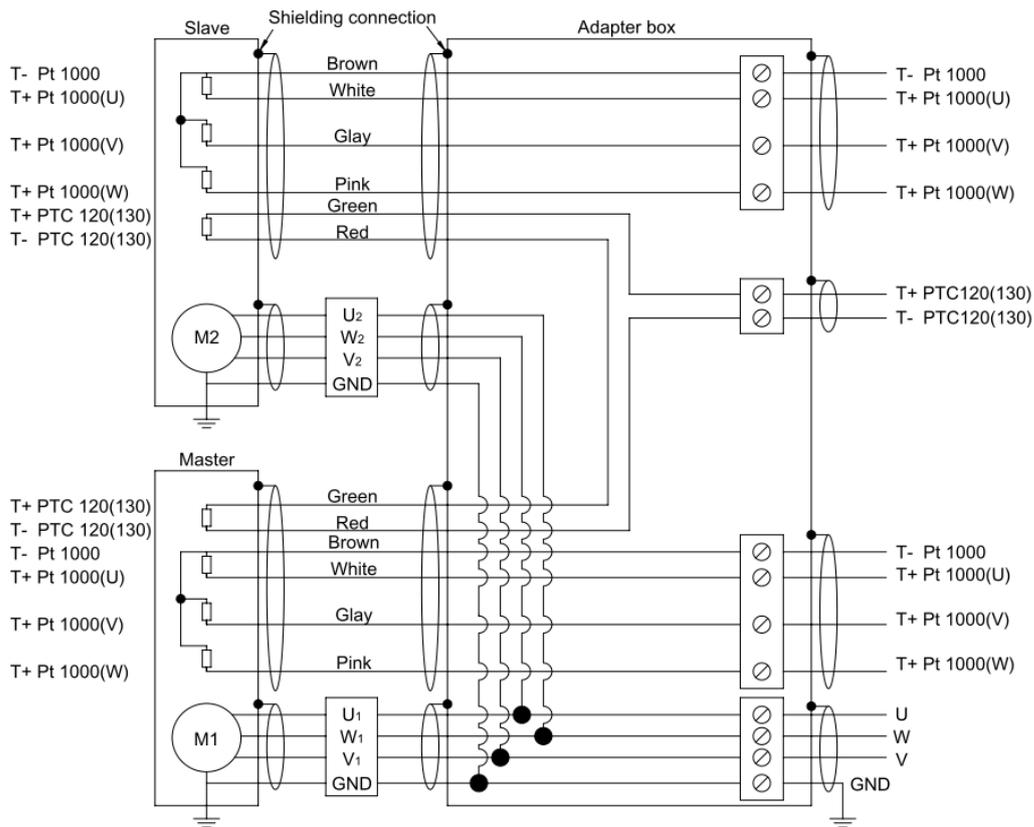


圖 5.2.21 溫控 Type C, 情況二, 系列 2

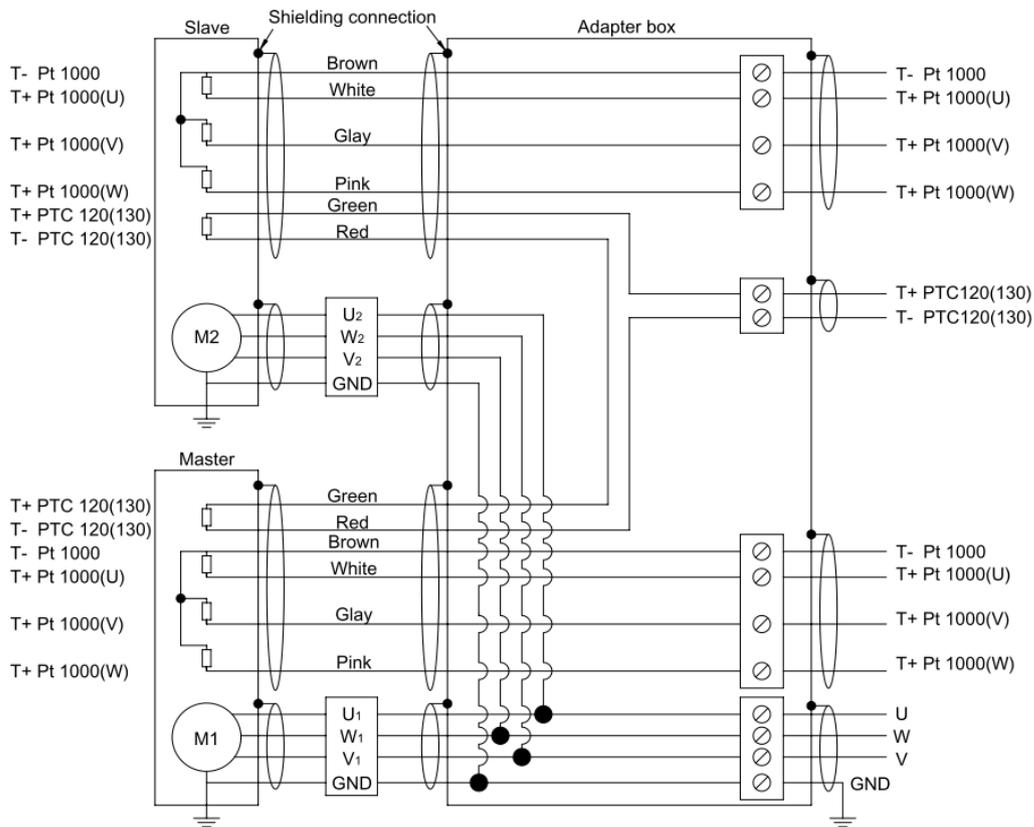


圖 5.2.22 溫控 Type C, 情況二, 系列 3

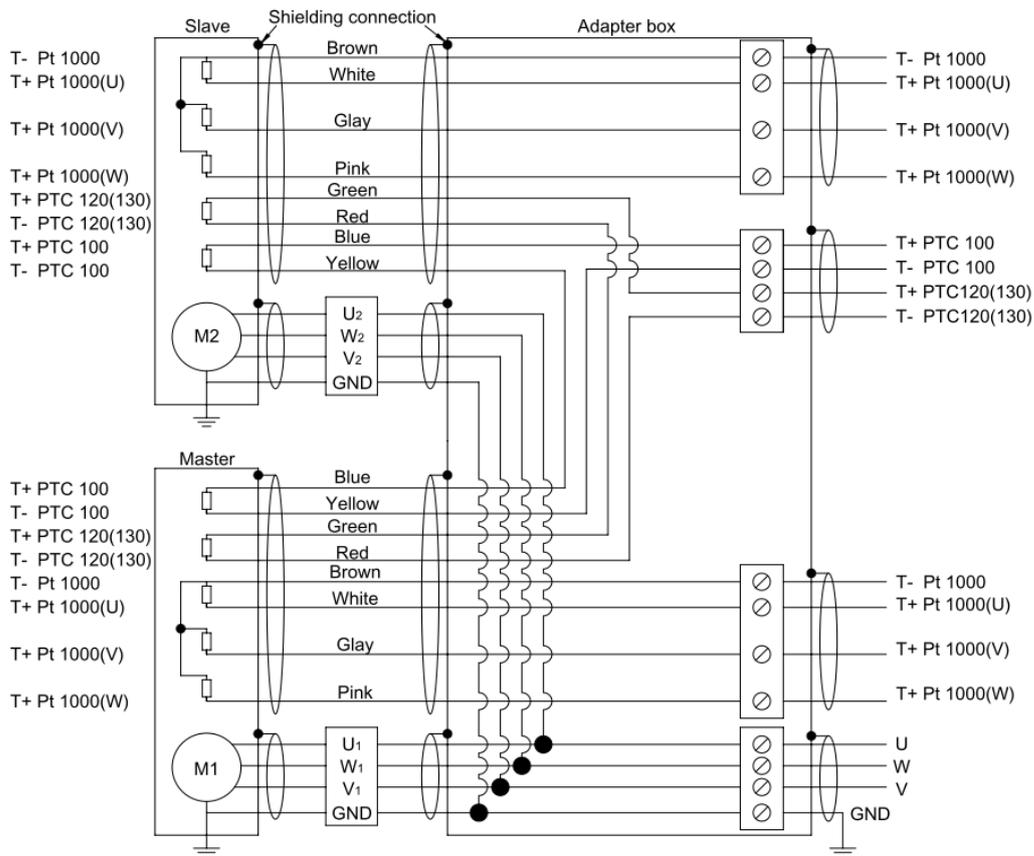


圖 5.2.23 溫控 Type D, 情況一, 系列 1~3

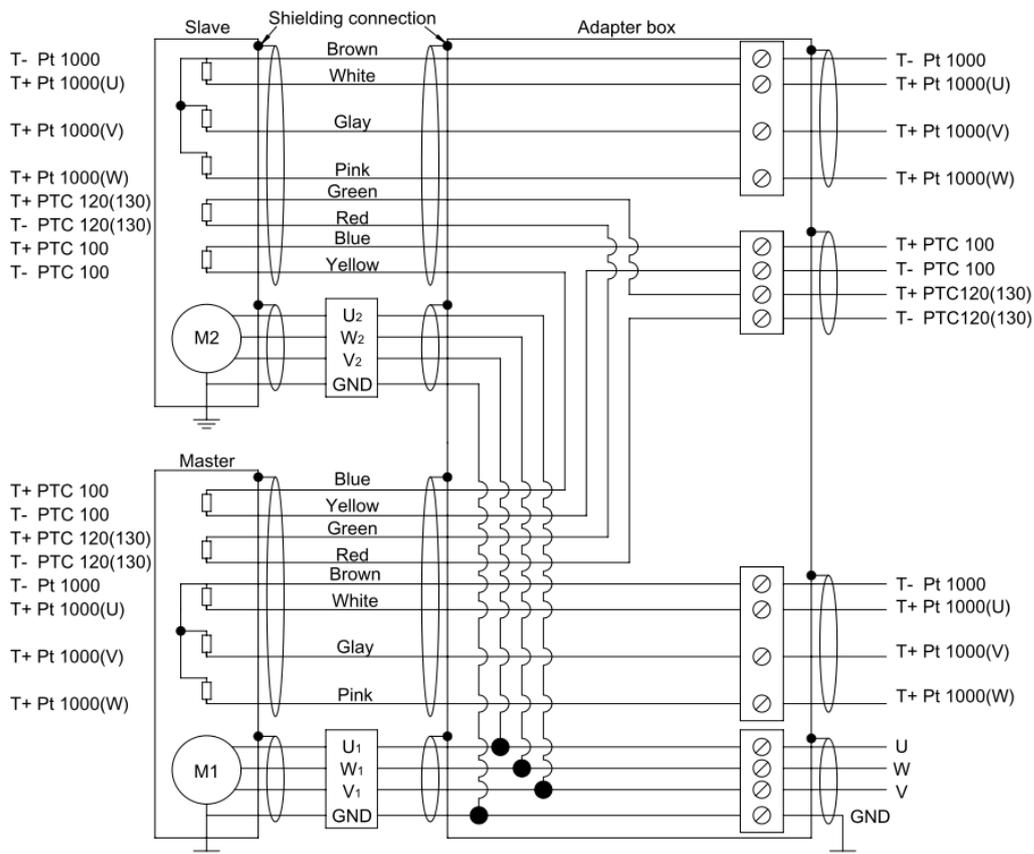


圖 5.2.24 溫控 Type D, 情況二, 系列 1

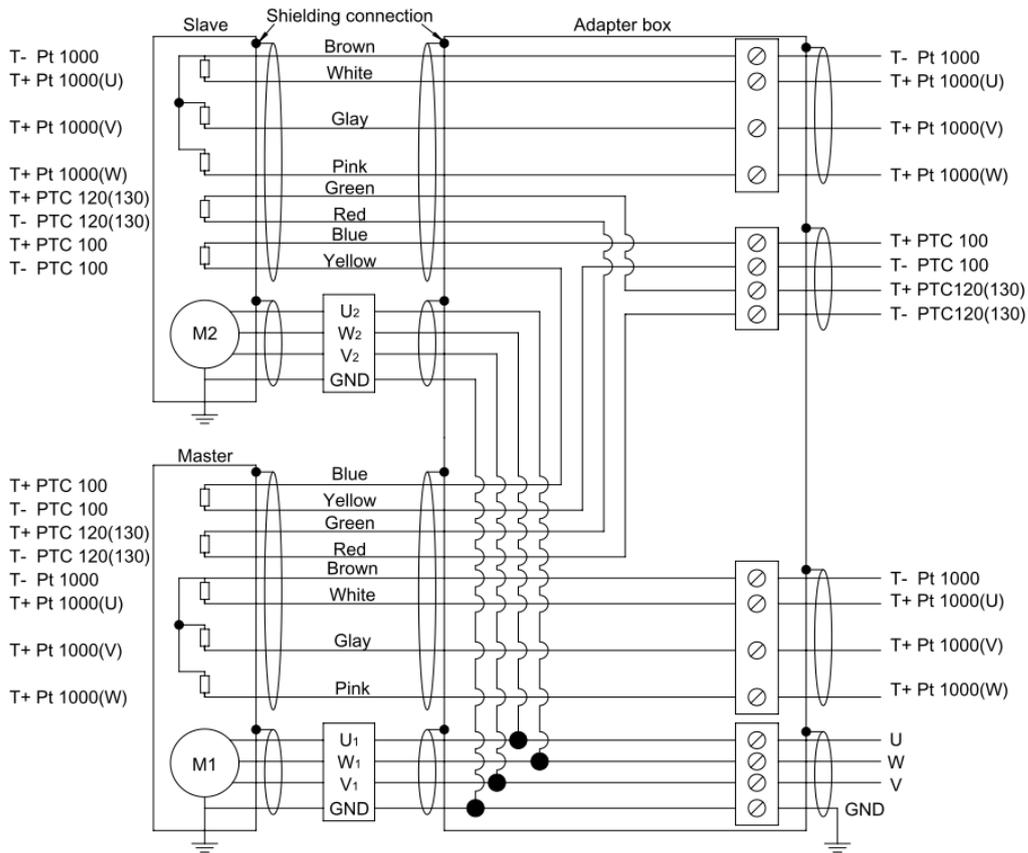


圖 5.2.25 溫控 Type D, 情況二, 系列 2

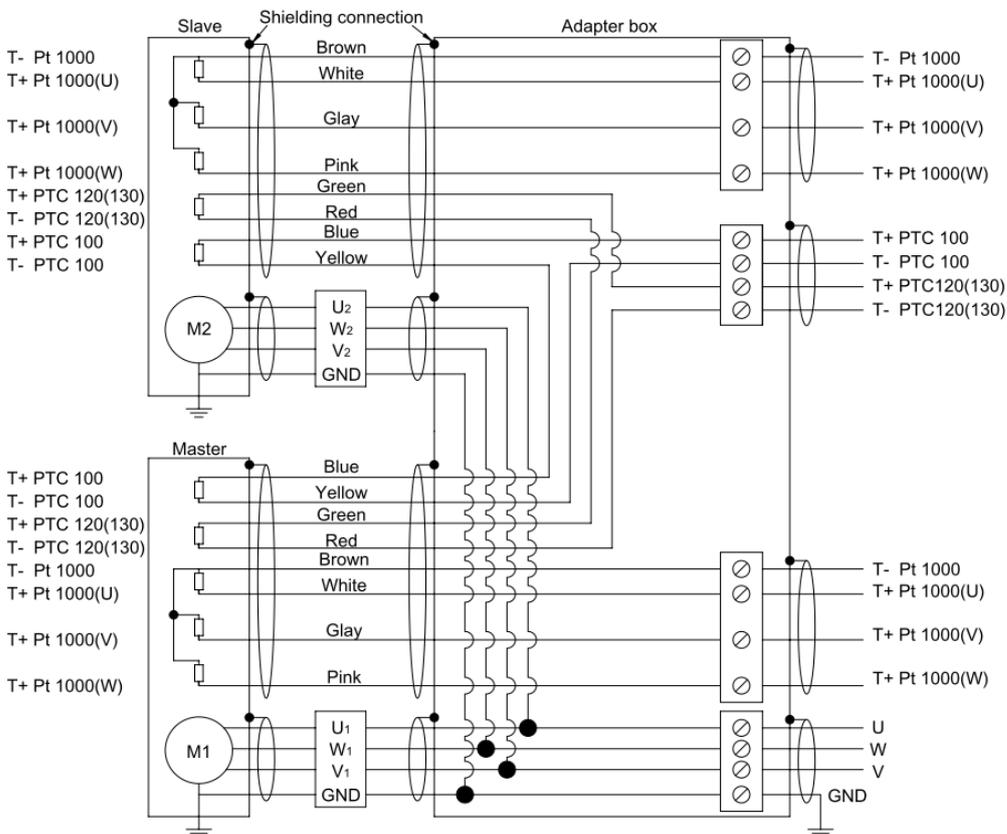


圖 5.2.26 溫控 Type D, 情況二, 系列 3

5.2.4 溫度感測器

Pt1000 為一款白金電阻溫度感測器 (RTD)，特性為在 0°C 時電阻值為 1000Ω 而且公差等級為 Class B。可藉由量測輸出電阻值來換算對應溫度。Pt1000 電阻與溫度的標準關係如下圖 5.2.27 所示。

操作溫度範圍為-55°C ~ 190°C。

標準電阻與溫度的關係式如下：

溫度範圍在-55°C ~ 0°C 時

$$R_{\theta} = R_0 [1 + A\theta + B\theta^2 + C(\theta - 100)\theta^3]$$

溫度範圍為 0°C ~ 190°C 時

$$R_{\theta} = R_0 (1 + A\theta + B\theta^2)$$

$$R_0 = 1000 [\Omega]$$

$$A = 3.9083 \times 10^{-3} [^{\circ}\text{C}^{-1}]$$

$$B = -5.7750 \times 10^{-7} [^{\circ}\text{C}^{-2}]$$

$$C = -4.1830 \times 10^{-12} [^{\circ}\text{C}^{-4}]$$

$$\theta = \text{temperature } [^{\circ}\text{C}]$$

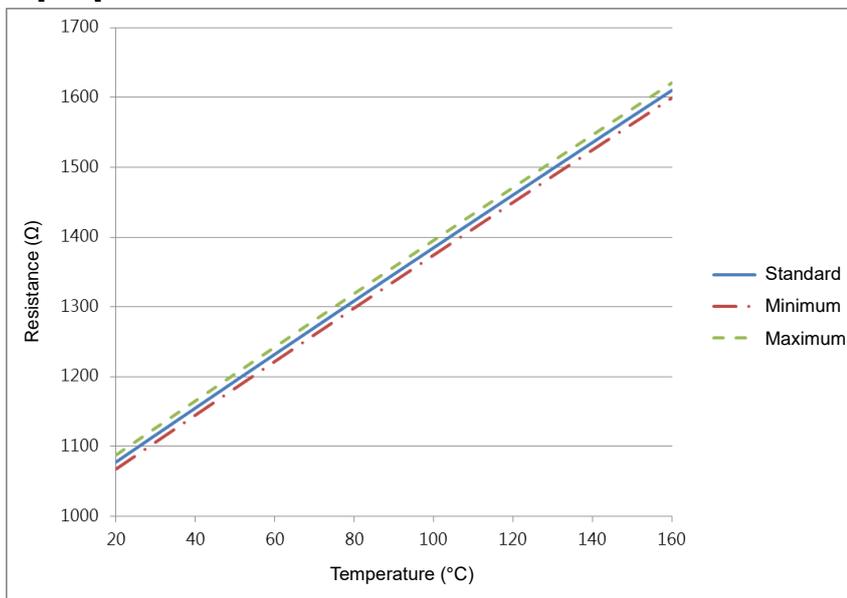


圖 5.2.27 Pt1000 電阻與溫度的關係圖

PTC100 與 PTC120(130)為一種熱敏電阻，輸出的電阻值將隨著線圈溫度而變化。PTC100 的電阻值會在 TREF=100°C 時大幅提升，而 PTC120(130)的電阻值會在 TREF=120(130) °C 時大幅提升。其特性如圖 5.2.28 與表 5.2.8。

※使用 3 個 PTC 串聯，控制器不得在低於環境溫度給定的電阻值時觸發。(參考表 5.2.8)

表 5.2.8 PTC 特性

Features of	Resistance	3 PTC in series resistance
20°C < T < T _{REF} - 20K	20Ω~250Ω	60Ω~750Ω
T = T _{REF} - 5K	≤ 550Ω	≤ 1,650Ω
T = T _{REF} + 5K	≥ 1,330Ω	≥ 3,990Ω
T = T _{REF} + 15K	≥ 4,000Ω	≥ 12,000Ω

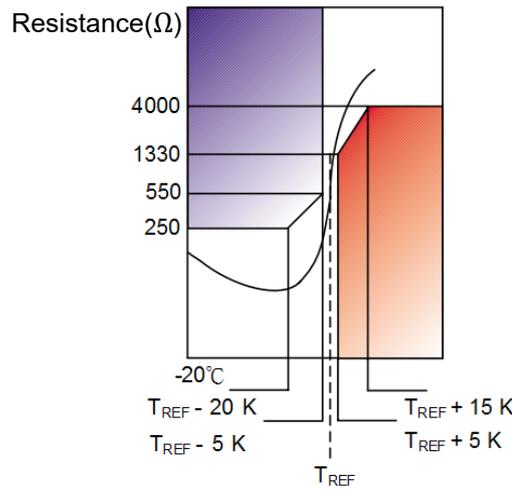


圖 5.2.28 PTC 溫度對電阻關係圖

5.2.4.1 溫度監控與馬達保護

為了保護馬達線圈因高溫損壞，每台馬達都配備了一組三顆串聯的 PTC 溫度感測器，型號為 120/130 (符合 DIN 44082-M180)。由於馬達內各相線圈的加熱程度可能非常不同，因此在每相繞組 (U、V 和 W) 中都安裝了一個 PTC 溫度感測器。每個 PTC 都具有開關特性，即電阻在接近額定溫度時阻值會突然增加 (圖 5.2.28)。由於其低熱容和與馬達線圈良好的熱接觸，PTC 對溫度升高的反應非常迅速，並與控制端的附加保護機制相結合，確保可靠的馬達過載保護。HIWIN 力矩馬達每相繞組中的 PTC 元件都是串聯的；它們通過兩根電線連接。TMRW/TM-5/IM-2 有一個額外的溫度電路，具有正溫度係數 (PTC)，可用於區分警告和危險溫度。

註:

僅使用 PTC 元件通過溫度監控來保護馬達是不夠的。例如，如果馬達以遠高於連續電流的電流運行，PTC 將會來不及反應。HIWIN 建議在控制端使用額外的保護算法。當操作電流高於連續電流時的最大運行時間可在第 3.3.6.3 節中找到並估算。

5.2.4.2 與驅動器連接

溫度感測器通常可以直接連接到驅動器。但若要滿足 EN61800-5-1 的保護隔離要求，感測器必須連接到驅動器製造商提供的去耦合模組。

6. 調適

6.	調適	6-1
6.1	調適	6-2

6.1 調適

參數請洽 HIWIN 工程部門，依使用控制器與驅動器需求輸入對應數據，並依控制器與驅動器手冊進行調適

■ 調適注意事項

1. 馬達運轉時，請避免非必要的摩擦力。
2. 請確認馬達運轉路徑上無其他物件。
3. 啟動馬達前，請確認冷卻系統正常運作。
4. 啟動馬達前，請確認總開關已開啟。
5. 輸送電力前，請確認至少有一條接地線連接所有的電氣產品。
6. 馬達安裝後請勿再直接碰觸馬達零件。
7. 馬達運轉時，若電流超過規格書所容許的最大電流，將可能使馬達內部發生退磁現象。發生此現象時，請聯絡 HIWIN 或當地經銷商。
8. 請勿讓產品在超過其額定負載之環境下運轉。
9. 馬達運轉時，其溫度須於規格書規定範圍內。
10. 當偵測到任何不正常的味道、噪音、煙霧、熱氣或振動，請立即停止運轉並關閉電源。
11. 不要冷卻馬達低於室溫避免造成結露而導致線圈快速老化。
12. 在任何情況下(包含馬達調適時)都必須確認冷卻系統正常運行後才可以對定子送電，在未被冷卻的狀態下即使短暫時間升溫都可能對定子造成不可逆之傷害。
13. 附冷卻外罩之馬達(預留碼為 J□)，定子安裝及使用時，外罩受到撞擊或擠壓可能導致冷卻流體之洩漏，因此定子安裝空間建議必須與冷卻外罩間留有間隙。
14. 附冷卻外罩之馬達(預留碼為 J□)，用於固定冷卻外罩之五金件(彈簧銷)，不論位於冷卻外罩之上緣、下緣、或是插入冷卻外罩固定孔內者皆不得移除，若因移除任何固定五金件(彈簧銷)造成專利侵權、馬達損壞、冷卻流體洩漏等結果，HIWIN 將不負任何責任。
15. 固定地點運轉時環境條件依 EN 60721-3-3 (如表 6.1.1 所示)

表 6.1.1 運轉環境條件

環境參數	單位	數值
溫度	(°C)	+5~+40
相對濕度	%()	5~85
絕對濕度	(g/m ³)	1~25
氣溫變化率 ¹⁾	(°C/min)	0.5
氣壓 ²⁾	(kPa)	78.4~106
太陽輻射	(w/m ²)	700
空氣流動 ³⁾	(m/s)	1
結露	-	不允許
結冰	-	不允許
<p>¹⁾每隔 5 分鐘量測一次。</p> <p>²⁾不考慮礦井中的條件，78.4 kPa 的限值不同於 3K22，可覆蓋至海拔 2000 米使用。</p> <p>³⁾無法控制的空氣流動可能會影響基於自然對流的冷卻系統。</p>		
機械活性條件	3S5 級	
機械環境條件	3M11 級	

7. 保養與清潔

7.	保養與清潔.....	7-1
7.1	保養.....	7-2
7.2	清潔.....	7-3
7.3	試運轉.....	7-4

7.1 保養

在進行保養維護之前，請閱讀所有安全說明

安全須知



1. 障礙物的清除和維護只能由 HIWIN 技術人員或授權經銷商進行，並配備適當的防護設備。
2. 請勿在馬達運行時進行任何維護操作，控制器必須先停止。
3. 請關閉機器的電源和總開關（操作請參考機器製造商的說明）。
4. 斷電後，系統內會有殘餘電壓。在斷開所有電源連接之前，請等待足夠的放電時間。

HIWIN 力矩馬達為直驅系統，運行過程中不會出現磨損，但即便如此，操作不當或使用環境不正確仍會縮短馬達壽命甚至損壞馬達。建議每季或每半年定期進行測量和維護：

1. 確認冷卻系統的流量，去除冷卻液雜質與顆粒。
2. 測量並消除冷卻系統的局部堵塞。
3. 檢測機構或電氣連接不得鬆動。
4. 檢測電纜可能的磨損或老化。
5. 檢查定子與轉子之間的氣隙，確認無可能導致異物、灰塵或顆粒侵入的洩漏。
6. 測試馬達三相絕緣電阻。必須滿足 $1000V_{DC} \ 60 \ sec > 100 \ M\Omega @ 25^{\circ}C$ 的要求。如果絕緣電阻在相同溫度下與前幾次測量相比逐漸下降，則馬達可能已經開始老化，因此應特別注意。

7.2 清潔

在進行清潔之前，請閱讀所有安全說明

安全須知



1. 障礙物的清除和維護只能由 HIWIN 技術人員或授權經銷商進行，並配備適當的防護設備。
2. 請勿在馬達運行時進行任何維護操作，控制器必須先停止。
3. 請關閉機器的電源和總開關（操作請參考機器製造商的說明）。
4. 斷電後，系統內會有殘餘電壓。在斷開所有電源連接之前，請等待足夠的放電時間。
5. 關閉冷卻系統，釋放壓力以排出冷卻液並拆下冷卻接頭（請參閱冷卻機的說明）。
6. 按順序拆卸馬達。

建議每季或每半年定期進行清潔：

1. 定期清理馬達上的金屬顆粒。
2. 定期檢查馬達定轉子間的氣隙，保持清潔無損壞。

7.3 試運轉

確認剎車、冷卻系統與電源系統皆有安裝後，進行試運轉，並依控制器與驅動器手冊進行調適。

8. 處置

8.	處置	8-1
8.1	廢棄物處理	8-2
8.1.1	汰換	8-2
8.1.2	處置	8-3

8.1 廢棄物處理

8.1.1 汰換

當需汰換或者拆卸馬達時，請按照以下說明進行操作：



人員或財產損傷風險!

如果不按照指令拆卸或停用馬達，可能會導致人身傷害、死亡或財產損失。

◆ 請按以下順序拆卸或停用馬達：

1. 斷開馬達電源，等待直流電源完全放電。
2. 等待馬達冷卻（至少 30 分鐘），然後關閉所有冷卻系統並將壓力排放到 0 bar。
3. 移除所有電源線、訊號線和冷卻管線。
4. 必要時隔離所有電源連接，以避免拆卸時旋轉馬達產生的電壓導致觸電的危險，或由於短路導致的製動扭矩。
5. 排出所有內部冷卻液並妥善處理。
6. 清理馬達上的異物、碎屑和灰塵。
7. 在定子和轉子的間隙之間插入墊片。
8. 當有定轉子固定板或自行設計的定轉子固定夾具時，用這些板/夾具固定定轉子。
8-1 若採用導向夾具方式，需確認相關夾具及配置已安裝。
9. 拆下機器端的所有固定裝置。如果定子和轉子是固定的，它們可以同時與機器分離；如果採用導向方式，請在組裝時按相反的順序拆下定子和轉子。拆卸時，請注意 O 型環可能會損壞。
10. 拆卸 O 型環時，注意不要過度拉伸。拉伸超過 10% 可能會造成永久性損壞；也不允許扭曲或使用鋒利的工具。
11. 使用原包裝或安全方式正確包裝和存放。

注意：如果更換新的力矩馬達，建議使用新的 O 型環；當需要更換 O 型環時，請參考第 5.1.1.4 節購買合適的 O 型環或從 HIWIN 購買。

8.1.2 處置

產品需要按照法律法規的正常回收流程進行處理。



如果處理不當會造成傷害和財產損失

如果力矩馬達或相關部件（特別是帶有強磁的轉子）處理不當，可能會造成人身傷害、死亡或財產損失。

- ◆ 請確保正確處理力矩馬達及相關部件。

適當的處置過程：

- 轉子組件中的永久磁鐵必須完全退磁。
- 需要回收的部件需要拆卸：
 - 電子廢棄物（例如編碼器組件、溫度控制模塊等）
 - 電氣廢棄物（例如定子、電纜等）
 - 廢金屬合金（按金屬分類）
 - 絕緣材料
- 不得與溶劑、冷清洗劑或油漆殘留物混合

8.1.2.1 轉子處置

帶有永久磁鐵之轉子必須在經過特定的退磁處理後進行處置，以避免後續發生危險。建議由專業回收公司處理。拆卸馬達後，轉子必須單獨放置在安全的包裝中。

- 轉子退磁步驟：

需要放置在專用的無磁性烘箱中烘烤，轉子放置在堅固耐熱的負載上。在整個退磁過程中，烘箱溫度至少要達到 310°C（居里點）烘烤 1 小時，烘烤過程中產生的廢氣要進行處理，以免污染環境。

注：消磁恢復常溫後，剩餘量應接近 10 高斯，否則建議繼續上述過程。

8.1.2.2 包裝處置

HIWIN 使用的包裝材料和包裝輔料均為環保材質。除木質材料外，它們都可以回收再利用。木質材料為可燃材質。

9. 故障排除

9.	故障排除.....	9-1
9.1	故障排除.....	9-2
9.1.1	HIWIN 力矩馬達故障排除表單.....	9-4

9.1 故障排除

表 9.1.1 故障排除

故障狀態	原因	解決方式
未接線至控制器下無法用手轉動	機構干涉	移除干涉部位
	馬達三相短路	修復短路處
馬達在任何狀態下皆無法運轉	電纜線配線錯誤	確認連接至控制器之電纜線
	電流過載	確認是否有干涉並移除該干涉物件 修復煞車異常作動
	過溫保護	確認控制器過溫設定
	絕緣阻抗異常	馬達冷卻後量測定子絕緣阻抗(3 相對地) · 量測條件： 1000V _{DC} 60 sec > 100 MΩ@25°C · 如果小於 100 MΩ · 請洽 HIWIN。
馬達運轉方向錯誤	編碼器設定錯誤	確認編碼器設定
	馬達電源電纜線配線錯誤	互換連接至控制器之其中兩相電源電纜線
產生燃燒的異味	冷卻機不正常運轉	確認冷卻系統
	控制器設定錯誤	確認控制器設定值
	馬達參數設定錯誤	確認馬達參數設定值
馬達外殼溫度異常	轉速過慢(靜止)	當馬達切換頻率小於 1Hz 時使用堵轉條件運轉
	冷卻機不正常運轉	確認冷卻系統
	控制器設定錯誤	確認控制器設定值
	馬達參數設定錯誤	確認馬達參數設定值
	軸承不正常運轉	確認組裝方式
馬達運轉不穩定 (震動)	絕緣失效	確認電源電纜線對地電阻值大於 50MΩ
	編碼器安裝錯誤	確認編碼器安裝剛性
	編碼器訊號錯誤	確認編碼器接地端與連接端
	控制器設定錯誤	確認控制器設定值
	馬達型號設定錯誤	確認馬達參數設定值
馬達不易轉動或產生摩擦異音	轉子組裝異常	確認組裝方式
	系統不平衡	確認動平衡
	系統內有鬆脫	鎖緊構件
	氣隙間含有異物	移除氣隙間異物
馬達產生(異常)局部熱點	流道內有氣泡	直接移除氣泡或者提高流量來帶走氣泡(3.3.7)
	進出水口位置錯誤	參照承認圖確認馬達進出水口配置

故障狀態	原因	解決方式
使用一段時間後，在不轉的情況下產生噪音，且噪音頻率為 PWM 頻率的整數倍。	絕緣失效	確認電源電纜線對地電阻值大於 50MΩ

9.1.1 HIWIN 力矩馬達故障排除表單

如果力矩馬達發生故障或者錯誤，此表格在於幫助使用者向 HIWIN 提供最重要的細節，以便能夠有效地對裝置進行障礙排除和維修。避免任何可能和不必要的停機時間。請完整填寫表格。

注意！：在馬達安裝在機器上並執行所有可能的必要測量之前，請勿拆卸馬達。

9.1.1.1 辨識馬達規格和機台類型

規格編碼: TMRW{ | | }{ | } / TM-5-{ | }{ | | }{ }{ | | }{ | }
IM-2-{ | }{ | | }{ }{ | | }{ | }

定子序號(見標籤)： _____

轉子序號(見標籤)： _____

機器名稱： _____

軸數： _____

馬達上機操作起始時間 (年/月/日)： _____

工廠位置 (國家、城市)： _____

9.1.1.2 使用條件

馬達採用液體冷卻： 否 / 是，

冷卻液規格： 水 + ____%添加劑， 油 ____ J/(kg·K) ____ kg/m³， 其他 ____

輸入液體流量： ____ (l/min)

機台操作使用液體： 無 / 有，規格： ____

軸承規格： ____

含夾持系統： 無 / 有，規格： 磁力式， 液壓式， 其他 ____

9.1.1.3 故障情況

故障描述：

馬達是在什麼狀態下故障？

在調機階段，說明：

在正常操作階段(例如：車削、銑削或堵轉)，請說明：

其他操作：

故障軸(旋轉、轉台、刷動)：_____

控制器錯誤訊息： 無 / 有，訊息：_____

突然停止，說明：_____

性能下降(振動、紋波、噪聲)，說明：_____

其他，說明：_____

之前是否發生過同樣的故障？

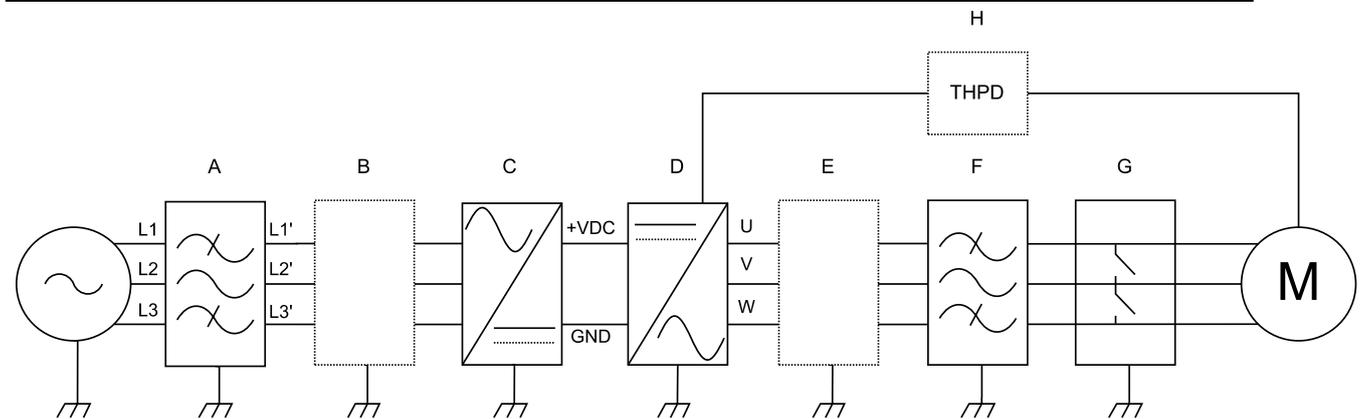
否 / 是，確切發生日期(yyyy-mm-dd)：_____，故障馬達類型：_____

9.1.1.4 控制器參數

控制器規格：_____

其他意見：_____

列出馬達的所有參數，或將相應的文件發送給 HIWIN (如果 HIWIN 提供了馬達的參數數據表，請將此參數文件發送給 HIWIN)



A. 濾波器規格： 諧波濾波器 回生濾波器 EMC 濾波器 其他 _____ 無

B. 扼流圈以及電抗器： 線路電抗器 換向扼流圈 其他 _____ 無

C. 電源供應器規格：_____

D. 放大器規格：_____

E. 扼流圈以及電抗器： dv/dt 電抗器 馬達扼流圈 其他 _____ 無

F. 濾波器規格： dv/dt 濾波器 弦波濾波器 其他 _____ 無

G. 短路繼電器類型：_____， 無

H. 使用 THPD? 無 / 有

9.1.1.5 電氣障礙排除

在開始以下測量之前，先關閉電源，斷開各相，等待馬達冷卻至環境溫度 ($25\pm 5^{\circ}\text{C}$): (注意事項參照第 9.1 節)

檢查整個接線，任何可觀察到的連接鬆動或連接斷開？

無 / 有，確切位置：_____

線間電阻值： R_{U-V} : _____, R_{V-W} : _____, R_{U-W} : _____

相對地電阻值： R_{U-G} : _____, R_{V-G} : _____, R_{W-G} : _____

溫度感測器電阻值：

R_{PT1000} : 1) _____ 2) _____ 3) _____, $R_{PTC100/120/130}$: 1) _____ 2) _____ 3) _____

9.1.1.6 目視檢查

在下面的目視檢查中涉及拆卸的馬達。(請務必在拆下馬達前對機器進行所有測量，否則可能會干擾故障現場)(注意事項參照第 9.1 節)

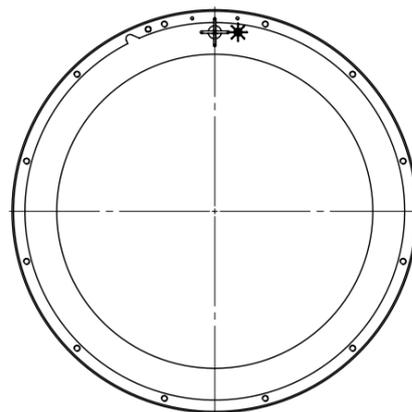
● 定子檢查：

定子 (內徑) 上的任何異常痕跡： 無 / 有

定子上的任何異常氣味： 無 / 有

於下圖中於可視異常點標記對應的代號：

- ▶ 水泡 (標記 ○)
- ▶ 燃燒點 (標記 △)
- ▶ 刮痕 (標記 ≡)
- ▶ 起皺摺 (標記 ~)



電纜線以及連接檢查：

電纜線/電纜固定頭/電纜連接器的任何損壞： 無 / 有

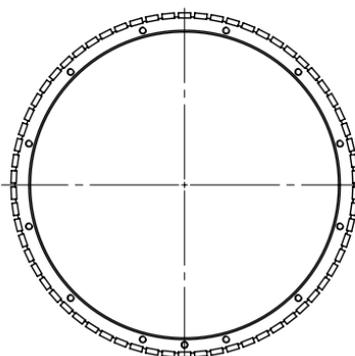
● 轉子檢查：

轉子 (外側) 上的任何異常痕跡： 無 / 有

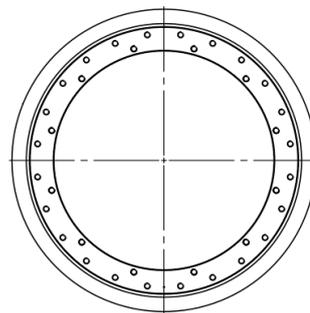
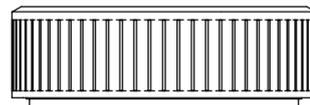
於下圖中於可視異常點標記對應的代號：

- ▶ 磁鐵脫落 (標記 ○)
- ▶ 燃燒點 (標記 △)
- ▶ 金屬屑 (標記 ×)
- ▶ 刮痕 (標記 三)
- ▶ 起皺摺 (標記 ~)

TM-5



IM-2



馬達是否油膩？ 否 / 是，說明：_____

磁鐵上有沒有金屬顆粒： 否 / 是，疑似/類似 _____

9.1.1.7 附錄

請與 HIWIN 共享所有信息以更好地了解問題(照片、NC 記錄、損壞的零件)。列出所有發送到 HIWIN 的文件和部件：

9.1.1.8 聯絡訊息

公司/部門：_____

聯絡人：_____

電子郵件：_____

聯絡電話：_____

聯絡地址：_____

10. 公司聲明

10.	公司聲明	10-1
10.1	公司聲明.....	10-2

10.1 公司聲明

Declaration of Conformity

according to Low Voltage EC directive 2014/35/EU

Name and address of the manufacturer:

HIWIN MIKROSYSTEM CORP., No.6, Jingke Central Rd., Taichung Precision Machinery Park, Taichung 408226, Taiwan

Description and identification of the product:

Product	Torque motor
Identification	Series: TMRW, IM-2, TM-5, TM-5(J0)

The object of the declaration described above is in conformity with the relevant Union harmonization legislation Directive.

2014/30/EU	EMC directive
2011/65/EU	RoHS directive

References to the relevant harmonized standards used or references to the other technical specifications in relation to which conformity is declared

EN 60204-1:2018	Safety of machinery - Electrical equipment of machines - Part 1: General requirements
EN 61000-6-2:2005 EN 61000-6-2:2019	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity for industrial environments
EN 61000-6-4:2007 EN 61000-6-4:2019 EN 61000-6-4:2007+A1:2011	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments
EN 60034-1:2010 EN 60034-1:2010/AC:2010	Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
EN 60034-5:2001/A1:2007	Rotating electrical machines - Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) - Classification

This declaration of conformity is issued under the sole responsibility of the manufacturer.

Taichung 408226, Taiwan
03.26.2025
(Place, Date)

SZU, KOU I, President
(Surname, first name, and function of signatory)


(Signature)

11. 附錄

11.	附錄	11-1
11.1	技術用語說明.....	11-2
11.2	單位換算.....	11-7
11.3	公差與假設	11-10
11.3.1	公差	11-10
11.3.2	散熱假設.....	11-10
11.3.3	環境假設.....	11-10
11.4	選配配件.....	11-11
11.4.1	溫度保護裝置.....	11-11
11.4.2	特色	11-11
11.4.3	溫度模組配線說明.....	11-12
11.5	客戶需求調查表	11-13

11.1 技術用語說明

- **反電動勢常數 (線間) :** $K_v \left(\frac{V_{rms}}{rad/s} \right)$

反電動勢常數定義為馬達在磁石溫度 25°C 時，單位轉速下所產生之感應電壓。發生於線圈感應到磁場變化時，反抗電流通過的電動勢。

- **連續電流 :** $I_c/I_{cw} (A_{rms})$

連續電流定義為在環境溫度 25°C 下可連續供給馬達線圈之電流，且線圈溫度最高不會超過 120°C (TM-5/IM-2 series 為 130°C)。此時馬達達到額定連續轉矩 T_c ；因連續電流與線圈溫度有關，水冷 TMRW 系列會有相對應空冷下之連續電流 I_c 以及水冷下之連續電流 I_{cw} 。

- **連續力矩 :** $T_c/T_{cw} (Nm)$

連續力矩定義為馬達在環境溫度 25°C 下連續運轉不休息且線圈最終溫度不超過 120°C (TM-5/IM-2 series 為 130°C) 所輸出的轉矩，此連續轉矩對應施加給馬達之連續電流 I_c/I_{cw} ；因連續轉矩與線圈溫度有關，會有相對應空冷下之連續電流 T_c 以及水冷下之連續電流 T_{cw} 。

- **線間電感 :** $L (mH)$

線間電感定義為馬達在線圈溫度 25°C 時所量測之線圈線間電感值。

- **線間電阻 :** $R_{25} (\Omega)$

線間電阻定義為馬達在線圈溫度 25°C 時所量測之線圈線間電阻值。

- **馬達常數 :** $K_m \left(\frac{Nm}{\sqrt{W}} \right)$

馬達常數定義為在線圈以及磁石溫度 25°C 時馬達輸出力矩對消耗功率開根號的比值；越高的馬達常數代表馬達在輸出特定轉矩時會有越低的功率損失。

- **極數 :** 2p

極數 2p 定義為轉子的總極數，其中 p 為極對數。

- **瞬間電流 :** $I_p (A_{rms})$

瞬間電流定義為馬達達到瞬間轉矩下所對應之瞬間大電流，而電流所達到之馬達溫度不可使磁鐵退磁；一般來說，馬達在正常操作範圍且輸入電流相位平衡時，瞬間電流可允許供給一秒。之後馬達至少需休息六秒鐘以上達到正常溫度後才可再供給瞬間電流。(更精確的時間請洽 HIWIN)

- **瞬間轉矩 :** $T_p (Nm)$

瞬間轉矩定義為馬達輸出不超過一秒之最大轉矩，此轉矩對應之瞬間電流不可使磁鐵退磁。

- **轉子慣量 :** $J (kgm^2)$

轉子慣量定義為轉動部抵抗轉動的慣性，與外型以及質量有關。轉子慣量越大，越難使轉動部由靜止到開始轉動；欲由運動中至停止亦然。

■ 堵轉電流： I_s/I_{sw} (A_{rms})

轉電流定義為當馬達在環境溫度 25°C 下且馬達為堵轉條件下所能供給之電流上限；因與散熱條件有關，會有相對應空冷下堵轉電流 I_s 以及水冷下堵轉電流 I_{sw} 。

■ 堵轉轉矩： T_s/T_{sw} (Nm)

堵轉轉矩定義為當馬達在環境溫度 25°C 下且馬達為堵轉條件下所能供給之力矩上限；因與散熱條件有關，會有相對應空冷下堵轉轉矩 T_s 以及水冷下堵轉轉矩 T_{sw} 。

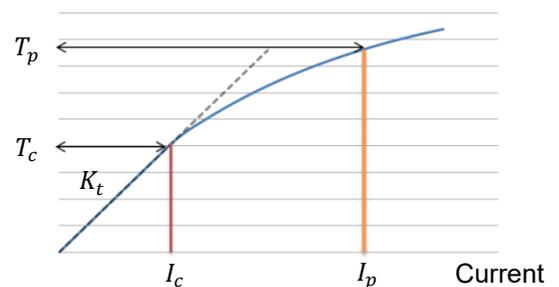
■ 熱阻： R_{th} (K/W)

熱阻定義為熱量從馬達線圈內到散熱環境所受到之阻力（空冷為 25°C 下馬達外部自然對流與輻射，水冷則為馬達外部以水溫 25°C 強制水冷）；熱阻越高表示相同熱量輸入下，線圈與散熱環境的溫差越大。

■ 轉矩常數： K_t (Nm/A_{rms})於磁石溫度 25°C

轉矩常數定義為馬達在單位電流 (A_{rms}) 下所能輸出的轉矩。轉矩常數越大表示相同電流下能輸出越大的電流；在正常工作範圍下，輸出轉矩與輸入電流接近線性關係，非線性部份則是因鐵心飽和所導致。

Torque



■ 最高轉速

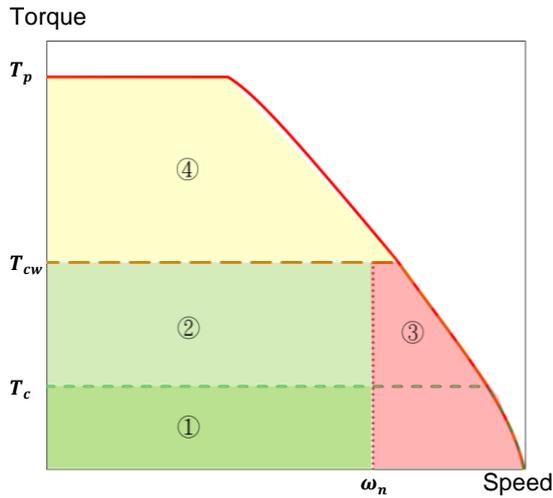
最高轉速定義為在特定轉矩下（一般為連續轉矩）以及操作電壓下所能提供的最高轉速；定義有三種情況的最高轉速：空冷連續轉矩下最高轉速、水冷連續轉矩下最高轉速以及瞬間力矩下最高轉速。

■ 額定轉速： ω_n (rpm)

額定轉速定義為在馬達連續運轉不休息的情況下，轉子不會因為鐵損造成轉子溫度過高 ($>80^{\circ}\text{C}$) 而損壞的轉速；如果超過該轉速必須降低工作週期或者提供轉子額外散熱設計。馬達工作區間解說請參考轉矩與轉速曲線圖。

■ 轉矩與轉速曲線圖 (TMRW/TM-5)

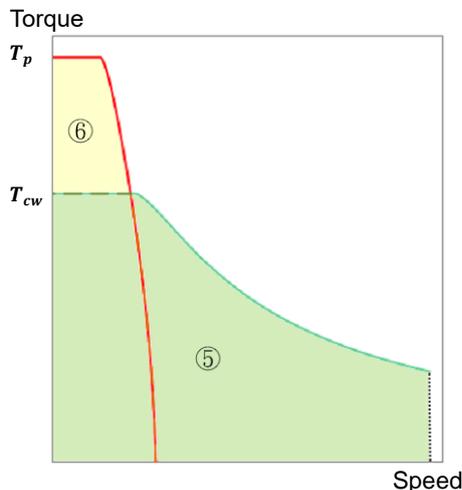
轉矩與轉速曲線圖定義為馬達一定輸入電壓下，所能夠輸出的轉矩與轉速對照圖，考慮馬達溫升的情況下可以將該圖分割為四個操作區間如下圖：



- ①：馬達在空冷且轉矩小於 T_c 的情況下，可連續運轉於 ω_n 以下不休息。
- ①+②：馬達在水冷且轉矩小於 T_{cw} 的情況下，可連續運轉於 ω_n 以下不休息。
- ③：馬達在空冷且轉矩小於 T_c 下或在水冷且轉矩小於 T_{cw} 的情況下，轉速大於 ω_n ，必須降低工作週期或者提供轉子額外散熱，避免轉子過熱。
- ④：馬達在空冷且轉矩大於 T_c 或在水冷且轉矩大於 T_{cw} 的情況下，必須降工作週期，在達到 T_p 的情況下，最多只能持續輸出 1 秒，避免定子過熱。

■ 轉矩與轉速曲線圖 (IM-2)

轉矩與轉速曲線圖定義為馬達一定輸入電壓下，所能夠輸出的轉矩與轉速對照圖，考慮馬達溫升的情況下可以將該圖分割為兩個操作區間如下圖：



- ⑤：馬達在水冷且轉矩小於 T_{cw} 的情況下，可連續運轉於弱磁最大轉速以下不休息。
- ⑥：在水冷且轉矩大於 T_{cw} 的情況下，必須降工作週期；在達到 T_p 的情況下，最多只能持續輸出 1 秒，避免定子過熱。

■ 最大操作電壓 (V_{DC})

最大操作電壓定義為馬達正常工作環境所能使用的最大電壓。

■ 最大連續功率損失： P_c (W)

最大連續功率損失定義為馬達連續運轉於連續電流下，且線圈溫度為 120°C 所損失的能量。(TM-5/IM-2 為 130°C)。水冷系統大多藉冷卻液排除此損失。

■ 最大壓降： Δp (bar)

最大壓降定義為水冷系統使用純水下，進、出水口壓差為最小流量 q 所對應的壓差；若操作環境不同，須經過計算去調整壓差（參考第 3.3.7 節）。

■ 最小水流量： q (l/min)

最小水流量定義為水冷系統使用純水下，正常散熱所需的最小流量；若操作環境不同，須經過計算去調整水流量（參考第 3.3.7 節）。

■ 最大功率損失下水溫差： $\Delta\theta$ (°C)

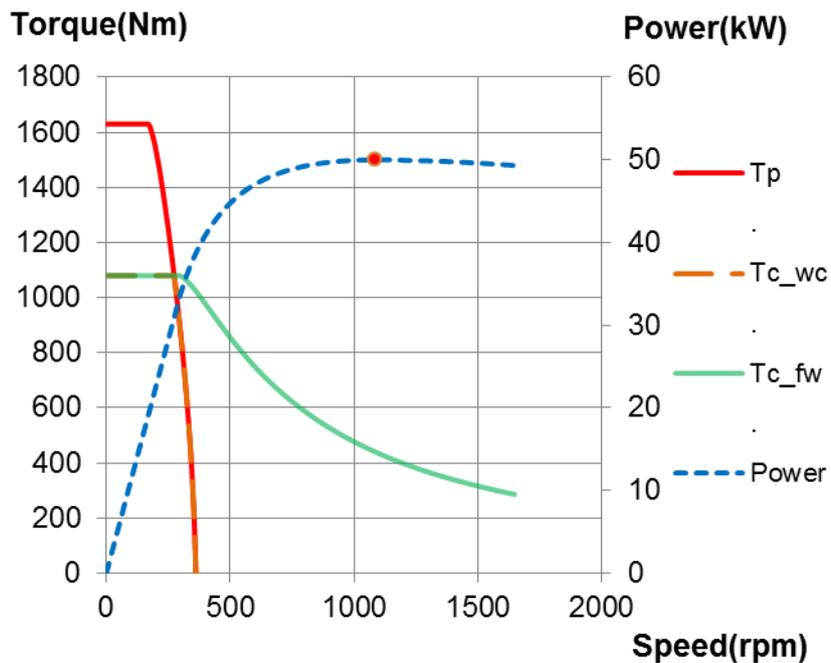
最大功率損失下水溫差定義為水冷系統使用純水下，進、出水口之溫差，一般定義為 5°K；若操作環境不同，須經過計算去調整最大功率損失下水溫差（參考第 3.3.7 節）。

■ 額定功率 (kW)

額定功率是馬達銘牌上規定的最大連續額定功率。

在 IM-2 系列中，弱磁運轉時的額定功率會高於正常運行，因此 IM-2 系列中額定功率的定義為弱磁運行時的最大連續額定功率。

示意圖如下，紅點為弱磁運轉時的最大連續額定功率。



11.2 單位換算

欲將 B 欄的單位轉換成 A 欄的單位，請乘以表格中相對應的數字。

■ 質量

		B			
		g	kg	lb	oz
A	g	1	0.001	0.0022	0.03527
	kg	1000	1	2.205	35.273
	lb	453.59	0.45359	1	16
	oz	28.35	0.02835	0.0625	1

■ 線性速度 (僅線性適用)

		B				
		m/s	cm/s	mm/s	ft/s	in/s
A	m/s	1	100	1000	3.281	39.37
	cm/s	0.01	1	10	3.281×10^{-2}	0.3937
	mm/s	0.001	0.1	1	3.281×10^{-3}	3.937×10^{-2}
	ft/s	0.3048	30.48	304.8	1	12
	in/s	0.0254	2.54	25.4	8.333×10^{-2}	1

■ 角速度 (僅旋轉適用)

		B			
		deg/s	rad/s	rpm	rps
A	deg/s	1	1.745×10^{-2}	0.167	2.777×10^{-3}
	rad/s	57.29	1	9.549	0.159
	rpm	6	0.105	1	1.667×10^{-2}
	rps	360	6.283	60	1

■ 推力 (僅線性適用)

		B		
		N	lb	oz
A	N	1	0.2248	3.5969
	lb	4.4482	1	16
	oz	0.2780	0.0625	1

■ 旋轉慣量 (僅旋轉適用)

		B			
		kg-m ²	lb-in ²	lb-ft ²	oz-in ²
A	kg-m ²	1	3417.63	23.73	54644.81
	lb-in ²	2.926 x 10 ⁻⁴	1	6.943 x 10 ⁻³	15.99
	lb-ft ²	4.214 x 10 ⁻²	144.02	1	2302.73
	oz-in ²	1.83 x 10 ⁻⁵	6.254 x 10 ⁻²	4.34 x 10 ⁻⁴	1

■ 長度 (僅線性適用)

		B				
		m	cm	mm	ft	in
A	m	1	100	1000	3.281	39.37
	cm	0.01	1	10	3.281 x 10 ⁻²	0.3937
	mm	0.001	0.1	1	3.281 x 10 ⁻³	3.937 x 10 ⁻²
	ft	0.3048	30.48	304.8	1	12
	in	0.0254	2.54	25.4	8.333 x 10 ⁻²	1

■ 轉矩 (僅旋轉適用)

		B			
		N-m	lb-in	lb-ft	oz-in
A	N-m	1	8.851	0.7375	140.84
	lb-in	0.113	1	8.333 x 10 ⁻²	16
	lb-ft	1.355	11.99	1	191.94
	oz-in	7.1 x 10 ⁻³	6.25 x 10 ⁻²	5.21 x 10 ⁻³	1

■ 溫度

		B	
		°C	°F
A	°C	1	$(°F - 32) \times 5 / 9$
	°F	$(°C \times 9 / 5) + 32$	1

11.3 公差與假設

11.3.1 公差

除尺寸規格外，馬達規格中提及的所有規格值都有 $\pm 10\%$ 的公差。未標註公差的尺寸為一般公差且公差表顯示在承認圖中；而螺紋有效深度和定位銷孔則除外。

11.3.2 散熱假設

所有規格的假設均基於水冷和自然風冷。其他散熱條件需各自測試確認。

空冷條件假設：定轉子周圍環境溫度：20°C；

水冷條件假設：

轉子周圍環境溫度：20°C

進水溫度：20°C

進出水溫差：5°C

定子外部溫度：平均 22.5°C

基於表 5.1.1~表 5.1.6 中的水冷系統數量和進出口設計來定義定子熱交換性質。

11.3.3 環境假設

馬達動力線所使用之連續電流符合 IEC60204-1 標準，環境溫度最高 30°C 下進行馬達測試。在較高的環境溫度使用時可能要降低連續電流以保持符合上述規範。

11.4 選配配件

11.4.1 溫度保護裝置

欲了解溫度保護裝置 (THPD) 之規格、配線方式及相關說明，請參照 THPD 操作手冊說明(MT99UA02)。



圖 11.4.1 溫度保護裝置

11.4.2 特色

- 須搭配 HIWIN 力矩馬達使用。
- 將馬達的三個溫度感測器輸入，轉換成一個類比輸出與兩個數位輸出給控制器。
- 透過軟體補償溫度感測器延遲，實現即時的溫度監控。即使在嚴苛的操作環境下，也能避免馬達過熱。
- 可透過以下方式提供控制器完整的馬達溫度資訊。

類比溫度輸出：Pt1000

數位警報輸出：Alarm

數位錯誤輸出：Error

11.4.3 溫度模組配線說明

若馬達的溫度感測器為 Pt1000，則須搭配 THPD-1000-□□□使用。配線架構圖如圖 11.4.2 所示。

□□□：120 for TMRW, 130 for TM-5/IM-2.

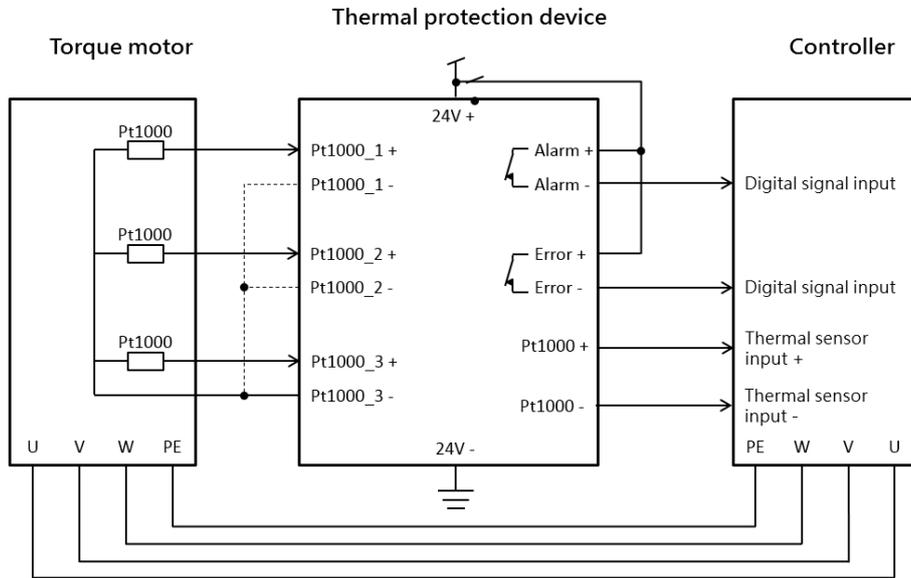
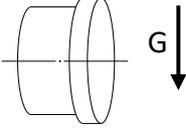
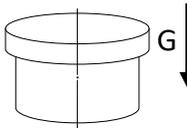
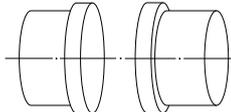
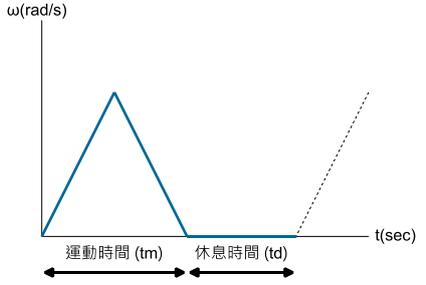
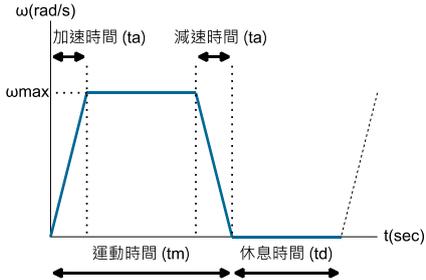


圖 11.4.2 Pt1000 配線架構圖

11.5 客戶需求調查表

客戶名稱:

年 月 日

Email :		接洽人 :	
電話 :		職稱 :	
傳真 :		11. 安裝方式	
應用產業別		<input type="checkbox"/> 單驅	<input type="checkbox"/> 側掛
1. 使用環境	<input type="checkbox"/> 一般 (25°C) 環境 <input type="checkbox"/> 其他: _____	<input type="checkbox"/> 水平	
2. 馬達冷卻方式	<input type="checkbox"/> 水冷: ___ %乙二醇(glycol) <input type="checkbox"/> 油冷: 冷卻油規格 _____ 比重: ___ g/cm ³ 比熱: ___ cal/g°C <input type="checkbox"/> 自然空冷: 環境溫度 ___ °C	 到位夾持 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	 到位夾持 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
3. 負載	<input type="checkbox"/> 總負載慣量 _____ Kgm ² <input type="checkbox"/> 負載 1 · 數量 _____ 重量: ___ Kg or 材質: _____ 尺寸: _____ mm 重心偏移: _____ mm <input type="checkbox"/> 負載 2 · 數量 _____ 重量: ___ Kg or 材質: _____ 尺寸: _____ mm 重心偏移: _____ mm	<input type="checkbox"/> 並聯雙驅 (口單一控制器)  到位夾持 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	
4. 摩擦力矩	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有: ___ Nm	12. 運動條件	
5. 切削力矩 (外部力矩)	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有: ___ Nm	a. <input type="checkbox"/> 三角形軌跡 (一般為點到點應用) 運動角度(Φ): 運動時間(t _m): 休息時間(t _d): 	
6. 控制器廠牌	<input type="checkbox"/> 西門子 <input type="checkbox"/> 海德漢 <input type="checkbox"/> 發那科 <input type="checkbox"/> 三菱 <input type="checkbox"/> 其他 _____	b. <input type="checkbox"/> 梯形軌跡 (一般為掃描或加工應用) 最高轉速(ω _{max}): 加減速時間(t _a): 運動時間(t _m)或運動角度(Φ): 休息時間(t _a): 	
7. 控制器電壓 (擇一選填)	輸出電壓: <input type="checkbox"/> DC BUS _____ V or 使用電壓: <input type="checkbox"/> 200V <input type="checkbox"/> 380V <input type="checkbox"/> 400V <input type="checkbox"/> 565V <input type="checkbox"/> 其他 _____ V		
8. 驅動電流	額定 ___ Arms 最大 ___ Arms		
9. 出線長度	<input type="checkbox"/> 標準 2 m <input type="checkbox"/> 其他: ___ m (最大不超過 ≤ 10m)		
其他需求:			

1. 大銀力矩馬達皆採用水冷式設計或驗證。若為油冷或自然空冷，裝機後需監控機台實際狀況。

2. 運動條件擇一填寫。如果有多段應用路徑請填寫最嚴苛條件或請洽大銀協助評估。

