

超節能高壓變頻器
MV510系列
使用維護說明書

請將該使用維護說明書確實交至最終用戶手中。

MV510

目錄

第一章 系統介紹	4
1.1 前言.....	4
1.2 系統概述.....	4
1.3 系統特點.....	6
1.4 系統型號說明.....	7
1.4.1 產品型號說明.....	7
1.4.2 產品銘牌說明.....	7
1.5 系統硬體說明.....	8
1.5.1 控制櫃.....	9
1.5.2 單元櫃.....	10
1.5.3 變壓器櫃.....	10
1.5.4 旁路櫃.....	11
1.6 規格.....	11
第二章 注意事項	12
2.1 概述.....	12
2.2 安全注意事項.....	12
2.3 使用注意事項.....	13
第三章 現場安裝規範	14
3.1 外形和重量.....	14
3.1.1 控制櫃和單元櫃.....	15
3.1.2 變壓器櫃.....	15
3.1.3 旁路櫃（選配、自動旁路櫃）.....	16
3.2 安裝要求.....	17
3.2.1 安裝環境要求.....	17
3.2.2 儲存環境要求.....	17
3.2.3 變頻器佈置要求.....	17
3.2.4 設備地基要求.....	19
3.2.5 設備接地要求.....	21
3.3 安裝過程.....	22
3.3.1 驗收.....	22
3.3.2 估計重量.....	22
3.3.3 搬運.....	22
3.3.4 併櫃、固定.....	22
3.3.5 功率單元安裝.....	24
3.3.6 變頻器絕緣阻抗量測.....	24
3.3.7 電氣接線.....	25
3.4 安裝完檢查.....	29
第四章 功能介紹	30
4.1 概述.....	30
4.2 與馬達驅動相關的控制功能.....	30
4.2.1 控制方式.....	30

4.2.2 頻率給定方式.....	31
4.2.3 跳頻設置.....	31
4.2.4 轉矩提升.....	31
4.2.5 輸出電壓自適應.....	32
4.2.6 系統過電流限制.....	32
4.2.7 母線過電壓限制.....	32
4.2.8 瞬停自啟.....	33
4.2.9 飛車啟動.....	33
4.2.10 高壓採樣.....	33
4.2.11 調製方式.....	33
4.2.12 恢復出廠設置.....	34
4.3 信號輸入輸出功能.....	34
4.3.1 數位輸入.....	34
4.3.2 數位輸出.....	35
4.3.3 類比輸入.....	36
4.3.4 類比輸出.....	36
4.4 監控和顯示功能.....	37
4.5 通訊功能.....	37
4.6 工頻電網與變頻器間的切換（選件）.....	37
第五章 工作原理.....	37
5.1 簡介.....	37
5.2 主電路.....	37
5.2.1 移相變壓器.....	39
5.2.2 功率單元.....	40
5.3 控制系統.....	43
5.3.1 主控系統.....	43
5.3.2 電控系統.....	44
第六章 現場調試規範.....	46
6.1 範圍.....	46
6.2 術語.....	46
6.3 調試規範.....	47
6.3.1 測試內容.....	47
6.3.2 控制櫃送電檢查.....	47
6.3.3 模擬測試.....	48
6.3.4 分體測試.....	47
6.3.5 功率單元串聯測試.....	48
6.3.6 帶馬達空載測試.....	50
6.3.7 帶馬達負載測試.....	51
6.3.8 投運測試.....	52
第七章 故障處理及系統維護.....	54
7.1 故障分類.....	54
7.2 系統維護.....	57
7.2.1 安全資訊.....	57
7.2.2 維護準則.....	59

7.2.2.1 變頻器投運前期	58
7.2.2.2 變頻器運行中	59

第一章 系統介紹

1.1 前言

東元電機股份有限公司擁有最先進的設備和流水作業線，實現了以最新控制系統為中心的分散控制和集中管理，其技術人才具備高水準電子技術和豐富經驗，並以最新的電子技術為基礎，可根據各種生產現場的要求，提供更加靈活的柔性生產系統裝置。其生產的工控產品已深得各行業認同。

MV510 系列變頻器是由我公司開發生產的具有自主知識產權，無電網污染的調速系統。可用於多種不同領域的工業環境，在各種複雜場合均能滿足馬達變頻調速及節能的要求。

MV510 系列變頻器屬於高壓設備，用戶使用時必須遵守一些安全預防措施，同時為了使您方便、有效地使用我公司的產品，請您在操作該產品之前仔細閱讀此使用手冊。

1.2 系統概述

MV510 系列變頻器是東元電機股份有限公司設計生產的單元串聯多電平電壓型高壓變頻器，是我公司研發設計製造的脈寬調製變頻器系列之一。該系列變頻器主電路採用單元串聯方式，通過將若干個獨立的功率單元輸出串聯的方式實現高壓直接輸出。該系列變頻器為“高-高”型變頻器，高壓直接輸入，高壓直接輸出，不需要升壓變壓器。該系列變頻器輸入隔離變壓器採用了移相變壓器，使得輸入波形接近正弦波，對電網諧波污染小；輸出側通過的載波移相 SPWM 調製技術，輸出為多電平，變頻器的輸出電壓波形非常接近正弦波，無需外加輸出濾波器，可直接接高壓馬達運行。

1.3 系統特點

MV510 系列高壓變頻調速系統具有如下優點：

- 系統一體化設計，包括輸入隔離變壓器，變頻器等所有部件及內部連線，用戶只須連接高壓輸入、高壓輸出、低壓控制電源和控制信號線即可，整套系統在出廠前進行整體測試。
- 輸入符合並優於 IEEE519~1992 及 GB/T14519~93 標準對電壓失真和電流失真最嚴格的要求。
- 變頻器為高高結構，高壓直接輸出，不需輸出升壓變壓器，輸出為模組串聯移相式 PWM 方式，滿調製時，輸出相電壓電平數為 $2*N+1$ ，線電壓電平數為 $4*N+1$ （N 為每相串聯功率單元數）。
- 在 30~100% 的負載變化情況內達到 0.93~0.97 功率因數(無需功率因數補償裝置)。
- 無需濾波器變頻器就可輸出正弦輸出電流和電壓波形，對馬達沒有特殊的要求，可以使用普通非同步馬達，馬達不必降額使用。具有軟起動功能，沒有馬達啟動衝擊引起的電網電壓下跌，可確保馬達安全、長期運行。
- 變頻裝置輸出波形不會引起馬達的諧振，轉矩脈動很小，可避免風機喘振現象。變頻器有共振點頻率跳躍功能。
- 變頻裝置對輸出電纜長度無任何要求，馬達不會受到共模電壓和 dv/dt 的影響。
- 變頻器對電網電壓波動有極強的適應能力，在 $\pm 10\%$ 範圍內變頻器能滿載工作，在 30% 的電壓下降情況下變頻器能繼續運行而不跳閘(降載運行)，40% 的電壓下降可以短時運行，電網暫態失電 5 個週期可滿載運行不跳閘，輕載時時間更長。
- 在 30%~100% 額定負載下，整機效率在負載變化的情況下可達到 93%~97% 間範圍。
- 功率模組採用模組化結構，可以互換，維護簡單；功率模組自動旁路功能，進一步提高了運行的可靠性。

- 變頻器功率模組和主控系統通訊採用光纖連接，具有很高的通信速率和抗干擾能力，安全性好。
- 控制系統採用全微處理機控制，有自診斷功能。
- 調速範圍在 0-100%連續可調，頻率精度： $\pm 0.5\%$ ，加/減速時間 0.1~6500.0 秒（根據負載情況可設定），臨界速度可跳過（共 3 組，可任意設定）。
- 超載能力為 120%，1min，可滿足客制化要求。
- 採用中文顯示和操作，直觀、清楚，便於學習，容易掌握。觸摸屏可隨時顯示變頻器的狀況、工作參數及故障類型和故障點，便於分析和查詢。

1.4 系統型號說明

1.4.1 產品型號說明

產品型號具體說明如下：

$$\begin{array}{ccccccc} \underline{MV} & \underline{510} & - & \underline{H} & \underline{A0} & / & \underline{100} & - & \underline{S} & \underline{00} \\ \textcircled{1} & \textcircled{2} & & \textcircled{3}\textcircled{4} & & & \textcircled{5} & & \textcircled{6} & \textcircled{7} \end{array}$$

- ① MV:TECO 中壓變頻系列
- ② 系列號：510 TECO 系列產品
512 TECO-Westinghouse 通用系列產品
520 TECO-Westinghouse 專用系列產品
- ③ 輸入電壓等級：A-2.4kV, B-3kV, C-3.3kV, D-4.16kV, E-6kV,
F-6.6kV, G-7.2kV, H-10kV, J-11kV, K-13.8kV,
X-其他
- ④ 輸出額定電壓：24-2.4kV, 30-3kV, 33-3.3kV, 42-4.16kV, 60-6kV,
66-6.6kV, D8-13.8kV, A0-10kV, B0-11kV 等
- ⑤ 額定電流：例 075, 120
- ⑥ S:非旁通單元, B:旁通單元
- ⑦ 客制化編碼

例如：

MV510-E60/100-S00 表示輸入電壓等級 6kV，輸出額定電壓 6kV，額定電流為 100A 的單元串聯多電平中壓變頻器。

1.4.2 產品銘牌說明

MV510 系列變頻器產品銘牌如圖 1-1 所示。

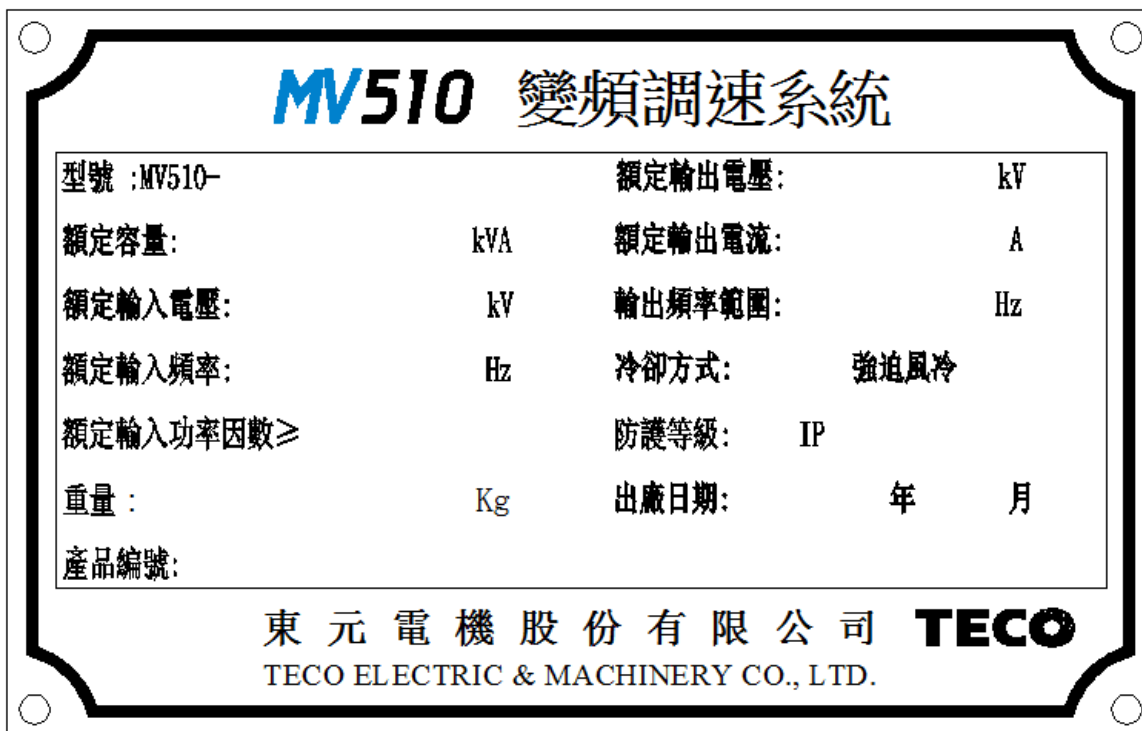


圖 1-1 變頻器產品銘牌

產品銘牌包含如下內容：

- 產品型號、規格、產品編號等
- 產品技術規格
- 產品使用範圍及防護等級
- 生產廠家，製造日期等

1.5 系統硬體說明

MV510 系列變頻器櫃體的配置根據變頻器的電壓等級、功率、型號以及其他因素的不同而有所不同，但主體結構基本都包括控制櫃、單元櫃、變壓器櫃、旁路櫃（選配）。圖 1-2 為典型的高壓變頻器櫃體排列圖。

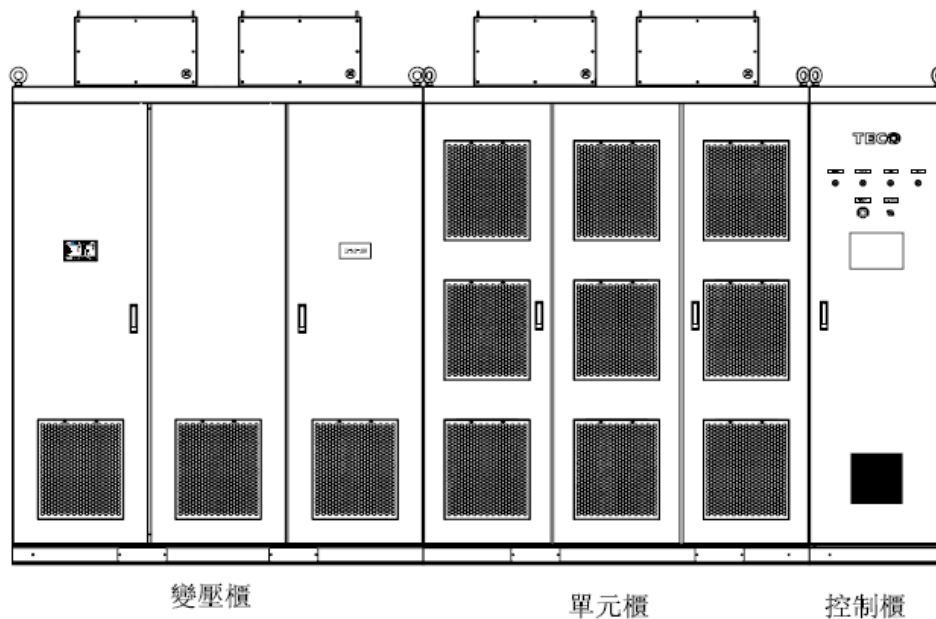


圖 1-2 典型的 MV510 系列變頻器外形圖

1.5.1 控制櫃

裝有 MV510 系列變頻器的控制系統，包括主控系統，電氣控制系統，以及用戶 I/O 端子。控制櫃擔負著變頻器工作的指揮中心作用，具備用戶所需要的各類通信、遠控功能。

1.5.2 單元櫃

裝有單元化設計的多個功率單元，每個功率單元為三相交流輸入，單相逆變輸出，輸入分別接移相變壓器的副邊輸出，每相功率單元輸出串聯後構成逆變主回路，輸出 PWM 波直接驅動高壓馬達。

功率單元採用單元化設計，同一容量等級的所有功率單元的機械和電氣參數均相同，可以方便地進行互換，功率單元採用單面維護，這大大縮短了現場安裝、維護時間。每個功率單元包含自己的控制板用來與主控系統進行光纖通訊，該通訊是功率單元與控制櫃內的主控部分之間的唯一連接，因而每個單元與主控系統是完全電氣隔離的。

1.5.3 變壓器櫃

裝有移相變壓器，原邊繞組為高壓直接輸入，副邊繞組為各個功率單元提供交流輸入電壓。副邊繞組通過移相技術，對電網諧波污染小，使電網輸入側

的諧波總量降低到 4% 以下，直接滿足 IEEE519-1992 的諧波抑制標準。

1.5.4 旁路櫃（選配）

用戶可以根據需要選用該組件，除在故障情況下執行工頻旁路功能，輸入高壓電源線從該櫃進入變壓器櫃，到馬達的輸出電源線也從該櫃引出。並且可以根據用戶的現場要求配置手動旁路櫃、自動旁路櫃和一拖二旁路櫃等，無旁路櫃時電源進線直接進入變壓器櫃。

1.6 規格

MV510 系列變頻器的電壓等級範圍為 2.4kV~13.8kV，額定電流從 30A~800A，下表列出了 MV510 系列高壓變頻器的公共電氣和機械規格。

表 1-1 MV510 系列高壓變頻器的公共規格

變頻器額定容量	250~10000kW/315~12500kVA ※
額定電壓	2.4kV~13.8kV (-10%~+10%) ※
額定頻率	50Hz/60Hz (-10%~+10%)
調製技術	載波移相 正弦波脈寬調波技術
控制模式	380VAC~480VAC (3P4W)，25~30kVA(依功率等級而定)
控制電源	380VAC，5-30kVA(依功率等級而定)
輸入功率因素	>0.95 (20%負載以上)
整機效率	> 98% (不含變壓器)
輸出頻率範圍	0Hz~120Hz ※
頻率解析度	0.01Hz
暫態過流保護	180% 立即保護
超載能力	120% 60 秒
限流保護	10%-150%設定
類比輸入	2 組 4~20mA (可擴展)
類比輸出	2 組 4~20mA (可擴展)
通訊	隔離 RS485 介面，ModBus RTU (可選) ; Profibus DP (可選) ; 工業乙太網規範 (可選)
加減速時間	0.1 秒~6000 秒 (與負載相關)
數位輸入/輸出	8 組 DI / 9 組 DO (輸出可擴展)
運行環境溫度	0~+40°C ※
儲存/運輸溫度	-40~+70°C ※
冷卻方式	強制風冷
環境濕度	<90%，不結露 ※
安裝海拔高度	<1000m，高於海拔 1000m，每增加 100m 降額 2%運行
粉塵	不導電、無腐蝕性，<6.5mg/dm ³ ※
防護等級	IP30,IP31,IP42 (客制化) ※
櫃體顏色	RAL 7035 (可客制化)

※欲瞭解詳細資訊，請洽銷售人員

第二章 注意事項

2.1 概述

MV510系列變頻器操作使用時必須嚴格遵守安全預防措施和相關的操作規程，任何錯誤的操作方法都可能導致人員傷害和設備的損害。當使用變頻器時，確保已經閱讀了本手冊，以防止發生電擊和燒傷，保證設備的完好。而且，當操作設備時，確保遵守產品的安全標誌和標籤上描述的內容。

2.2 安全注意事項

注意：本產品屬於高壓電氣設備，請謹慎使用！

變頻器在設計時充分考慮到人員的安全。然而，就象其他高壓設備一樣，操作時必須遵守一些安全事項。

- (1) 變頻器的操作維護人員必須經過專門培訓，取得電氣設備操作使用合格證，同時應仔細讀完本用戶手冊。
- (2) 必須安裝安全防護欄，並應標有高壓危險；使用中不要將其移走。
- (3) 維護時必須遵守高壓操作規程，如戴絕緣手套、穿絕緣鞋、戴安全眼鏡；工作時必須有其他監護人員在場。
- (4) 禁止把易燃材料放在變頻器旁。
- (5) 變頻器的旁路櫃、變壓器櫃、單元櫃均屬高壓危險區域，上電前請關閉並鎖好櫃門，絕對不能打開櫃門進行作業或運行，除非是進行維護或者安全檢查操作，否則請不要隨意打開櫃門。
- (6) 控制櫃與其它櫃體採用光纖隔離技術，不存在高電壓，但也必須是經過培訓的授權人員方能進行操作。
- (7) 絕對不要用濕手接觸設備內部。
- (8) 當主電源斷開後的15分鐘內不要打開櫃門，更不能接觸設備內部的任何器件。

本手冊中還會在其他章節提到有關的安全注意事項。必須遵守這些安全注意事項，以防止人員傷亡和設備損壞。

2.3 使用注意事項

- (1) 使用環境應符合產品的技術條件要求。
- (2) 安裝時應嚴格按照本手冊中提供的安裝步驟進行安裝。
- (3) 產品的操作使用人員必須是經過專業訓練的電氣設備操作使用人員。
- (4) 產品在使用過程中必然會不斷地凝集灰塵以及各種雜質，必須定期進行清理維護。
- (5) 產品經過一段時間的運行後，由於風機的振動和其他機械震動可能引起電氣接觸部件的鬆動，以至於引起接觸不良甚至損壞元件、部件及整機，造成用戶的不便和損失。因此，在使用一段時間後需要進行維護和清理檢查，避免造成損失。
- (6) 應該經常檢查接地電阻是否符合設備運行的要求，是否符合國家標準的要求，接地電阻不符合要求會造成危險。
- (7) 應該形成記錄設備運行狀況的制度和應用維護制度。
- (8) 啟動變頻器之前，應保證馬達處於靜止狀態。
- (9) 上下電順序應遵循：啟動時先開控制電，再上高壓電；停機時先停穩馬達，再斷高壓電，最後斷控制電。
- (10) 運行當中，用戶應隨時監視負載運行情況，不正常時應及時停機。
- (11) 應保證室內良好通風，維持環境溫度在-5-40℃範圍。
- (12) 在處理或測量變頻器內部件時要十分小心，注意不要讓儀錶引線相互短接或接觸其他端子；
- (13) 禁止在系統運行過程中強制斷開風扇電源，這樣會導致過熱，損壞裝置；
- (14) 用戶進行故障維護僅限於記錄故障現象，並在必要時更換單元；進一步的維修應移交本公司進行處理；
- (15) 更換單元必須在高壓斷電15分鐘後，並且變頻器單元的指示燈全滅後才能進行。

第三章 現場安裝規範

3.1 外形和重量

本節主要介紹 MV510 系列變頻器各部件的基本外形，下面以 MV510-E60/100-S00 型變頻器為例，對各個部件進行說明。所配置變頻器的具體外形尺寸以我公司對該工程提供的外形圖為準。

3.1.1 控制櫃和單元櫃

大概重量：2750kg（包含功率單元重量）

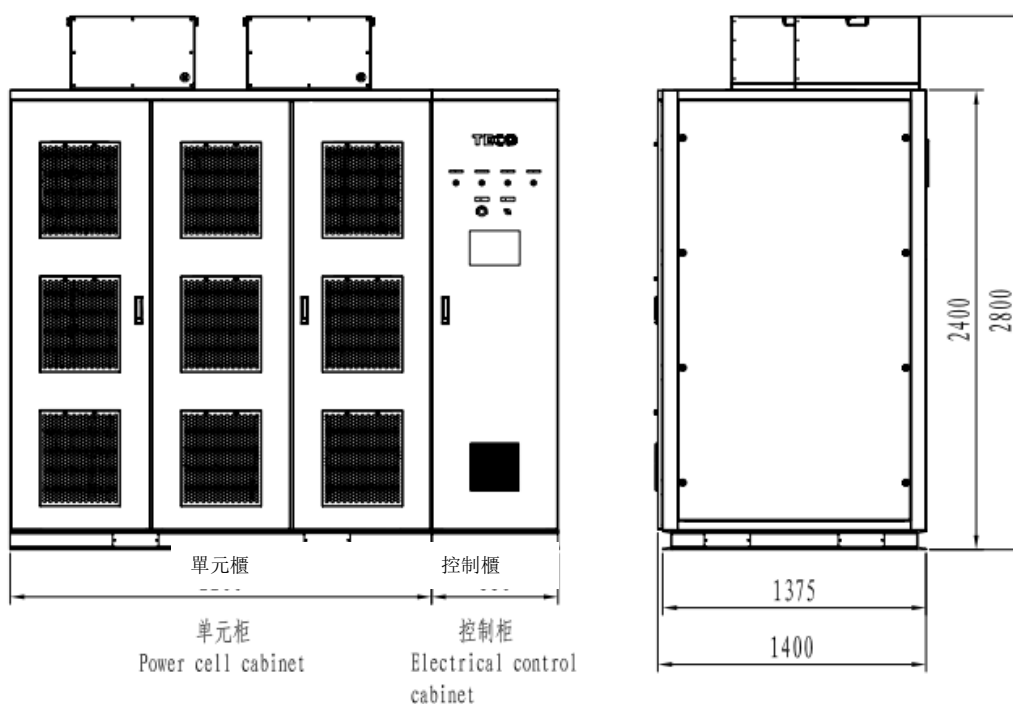


圖 3-1 控制櫃和單元櫃外形圖

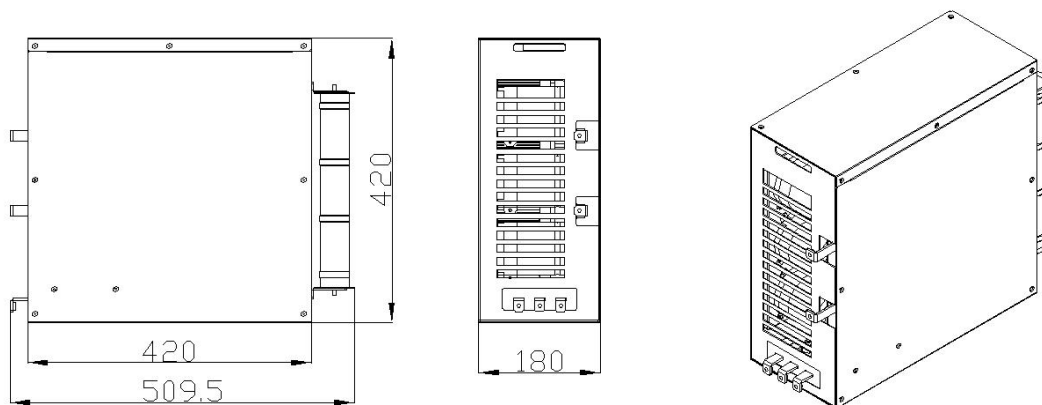


圖 3-2 功率單元外形圖

3.1.2 變壓器櫃

大概重量： 3270kg（包含變壓器重量）

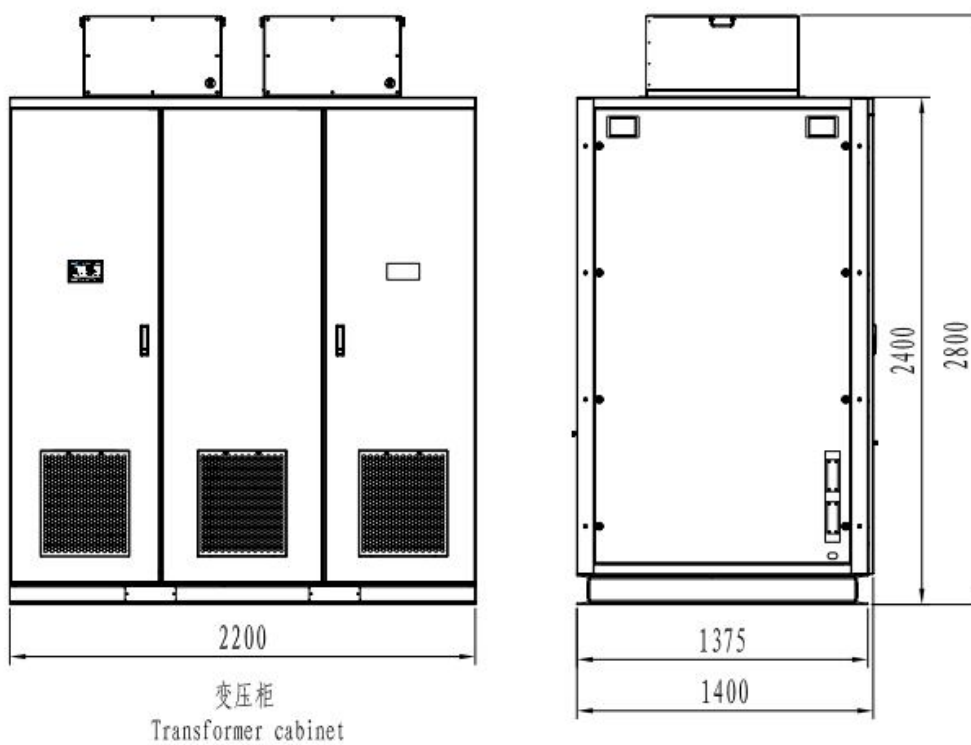
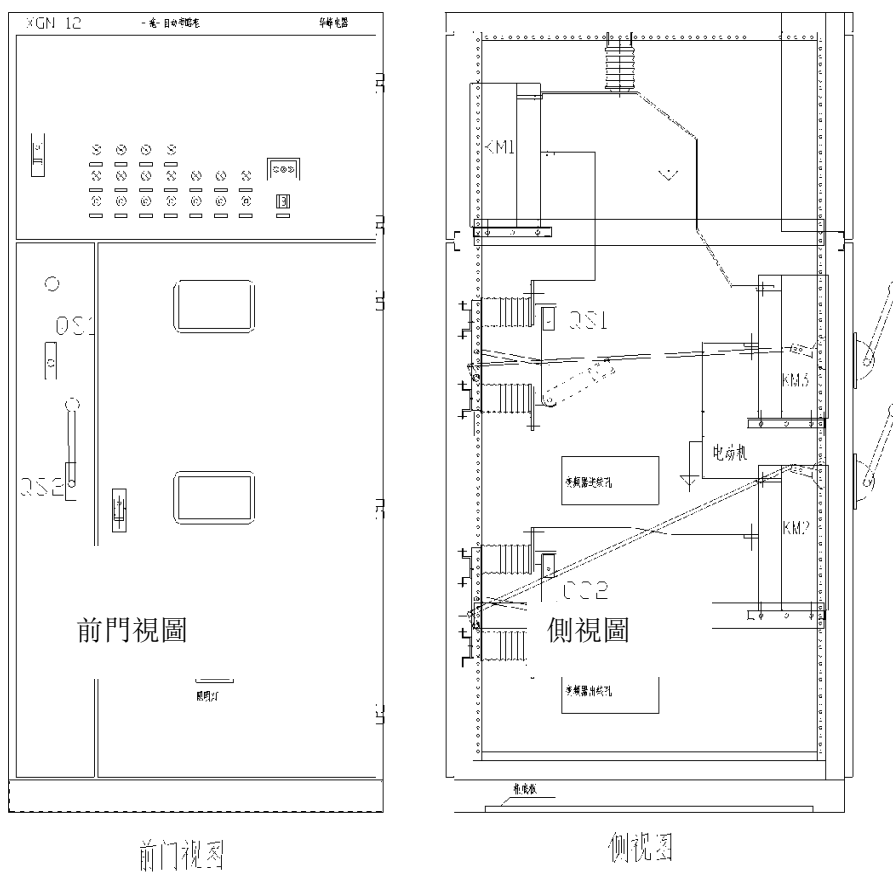


圖 3-3 變壓器櫃外形圖

3.1.3 旁路櫃（選配、自動旁路櫃）

大概重量： 600kg

圖 3-4 自動



旁路櫃外形圖

3.2 安裝要求

3.2.1 安裝環境要求

符合以下環境指標

序號	專案	要求		
1	環境溫度	溫度應在 0~+40°C 範圍內		
2	環境濕度	最低溫度時，不應超出 90%，不能因溫度變化而凝結		
3	高度	低於海拔 1000m		
4	大氣壓	在 860~1060hPa 範圍內		
5	室內空氣品質	設備所安放的房間內，空氣狀態應保持正常大氣灰塵標準，尤其是鐵粒子和有機物粒子，如有機矽		
6	腐蝕因素	腐蝕因素		
			密度或數量	
		腐蝕性氣體	硫化氫 (H ₂ S)	≤0.001PPM
			二氧化硫 (SO ₂)	≤0.05PPM
			氯氣 (CL ₂)	≤0.1 1PPM
			氨氣 (NH ₃)	≤0.1 1PPM
			二氧化氮 (NO ₂)	≤0.02PPM
			氧化氮 (NO _x)	≤0.02PPM
			臭氧 (O ₃)	≤0.002PPM
氯化氫酸霧 (HCL ₁)	≤0. 1mg/m ³			

注意：

- 當打掃安放設備的房間時，請使用吸塵器，從而避免更大的灰塵；
- 安放設備的房間地板請勿使用矽蠟，這將給馬達帶來影響；
- 外部電纜（接地線，主電路電纜和控制線）連入機櫃後，請確認是否用氧化錫將孔槽密封，如果電纜連入的孔槽未被填滿，空氣將進入設備，使上述安裝環境不安全，這將導致設備的嚴重損壞。

3.2.2 儲存環境要求

請確認設備存放處有關環境狀況的下列各項指標：

- 設備存放在室內；

- 環境溫度應保持在 $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 之間，並且無大的溫度變化；
- 建議存放處有關濕度在 $50\%\sim 60\%$ 之間，如果保存環境不能達到，將設備安放在不會凝結並且有關濕度不超過 90% 的地方，這樣才不會導致凝結；
- 將設備存放在沒有灰塵的地方；
- 將設備存放在沒有較大振動和震動的地方；
- 將設備存放在沒有腐蝕性氣體的地方；
- 使設備遠離強電磁場干擾。

3.2.3 變頻器佈置要求

(1) 設備背面靠牆或背面靠其他設備佈置

設備背面靠牆或背面靠其他設備佈置對變頻器室空間要求如下：

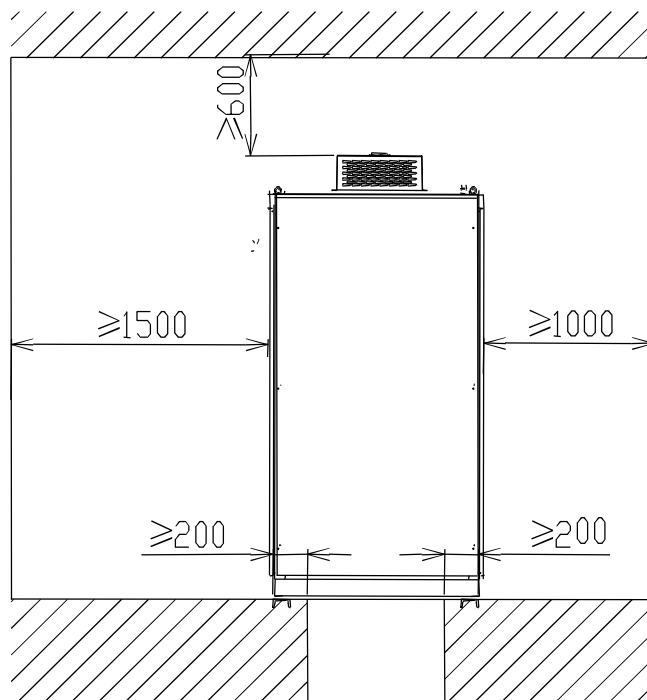


圖 3-5 變頻器維護空間和通風口

(2) 設備面對面佈置

設備面對面佈置對變頻器室的空間要求如下：

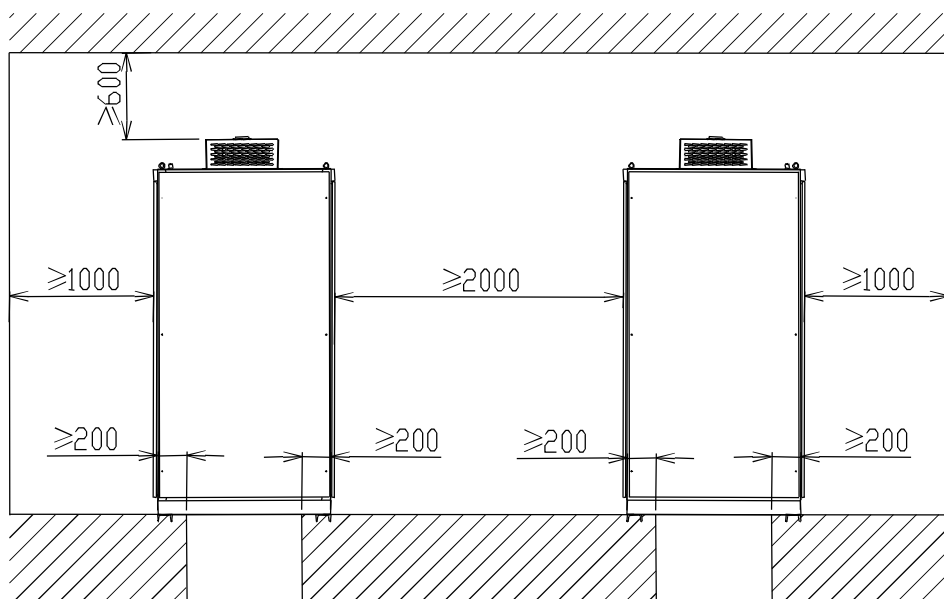


圖 3-6 變頻器維護空間和通風口

施工完成後，要求變頻器室門、窗和排風孔洞應安裝完畢，並具備預防雨、雪、沙、塵等措施；屋頂、樓板施工完畢，無滲漏。

3.2.4 設備地基要求

(1) 地基槽鋼安裝要求

地基槽鋼尺寸符合地基圖紙要求，高出抹平地面 5~10mm，焊接品質符合要求，強度和鋼度達到設備的載重要求。在出廠包裝的外面和用戶圖紙中都註明了設備的尺寸和重量。

➤ 水平誤差

水平方向標準的基準長度是每 1000mm 容差為 1mm。

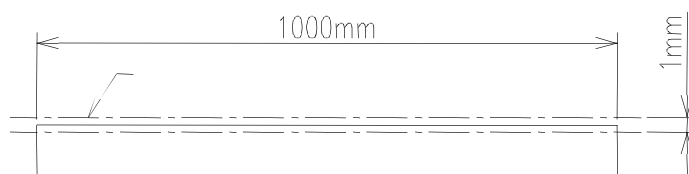


圖 3-7 水平容差圖

➤ 垂直誤差

前後基準中垂直差異是櫃體深度每 1200mm 容差為 1mm。

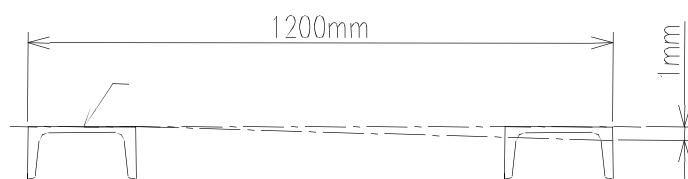


圖 3-8 垂直容差圖

➤ 平行誤差

維護標準與容差一致為基準長度每 1000mm 容差為 1mm。

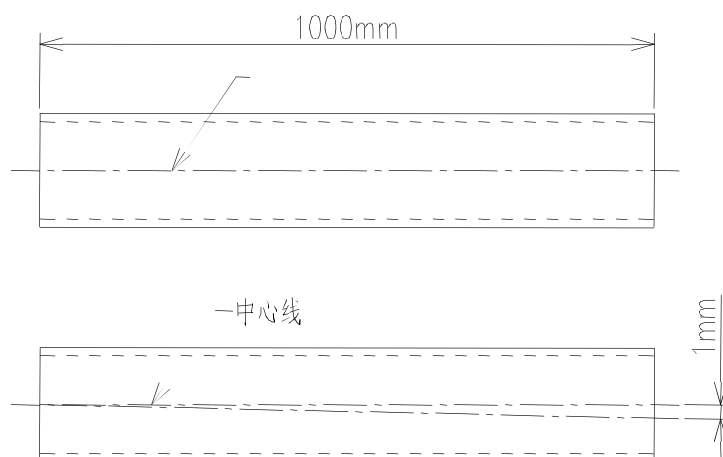


圖 3-9 平行容差圖

(2) 地基的一般外形

地基施工完成後，結束地面工作，室內無積水、雜物，預埋件及預留孔符合設計要求，預埋件應牢固。一般的地基外形圖如圖 3-10 所示，詳細地基圖請參看變頻器隨機圖紙。

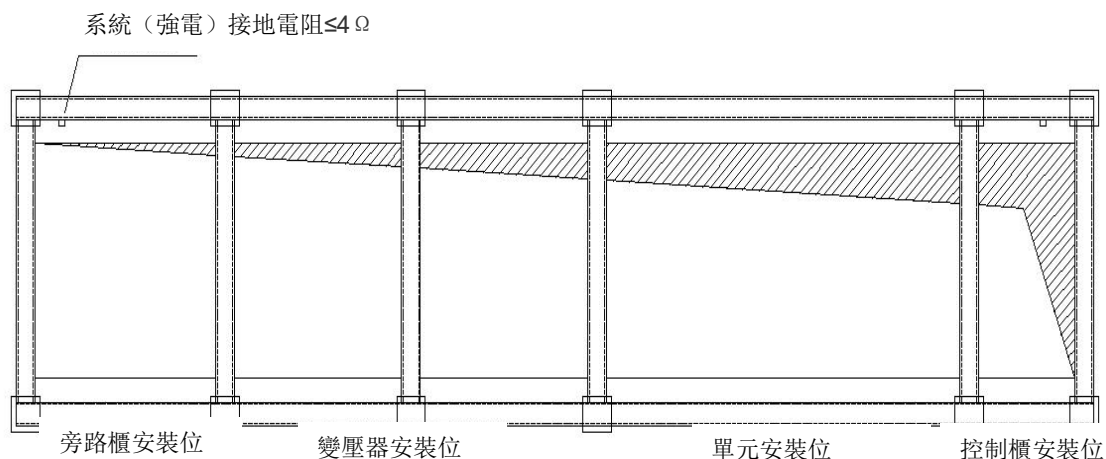


圖 3-10 變頻器地基的一般外形

3.2.5 設備接地要求

地基槽鋼採用鋼材可靠接地，最小規格見表 3-1；焊接應採用搭接焊，搭接長度見表 3-2，並與接地幹線連接，並作好防腐措施，接地電阻要求小於 4Ω。混凝土基礎應幹固，表面應平整，強度達到承重要求。

表 3-1 鋼接地體的最小規格

種類	規格	單位	地上		地下
			室內	室外	交流電流回路
圓鋼	直徑	mm	6	8	10
扁鋼	截面	mm ²	60	100	100
	厚度	mm	3	4	4
角鋼	厚度	mm	2	2.5	4
鋼管	管壁厚度	mm	2.5	2.5	3.5

表 3-2 搭接長度規定

搭接方式	搭接要求
扁鋼	2 倍寬度
圓鋼	6 倍直徑
扁鋼與圓鋼	6 倍圓鋼直徑
扁鋼與鋼管 扁鋼與角鋼	接觸部位兩側和用鋼帶彎成的弧形（或直角形） 卡子或用鋼帶彎成的弧形（或直角形）

3.3 安裝過程

3.3.1 驗收

正確的驗收程式如下：

- 開箱前，依據發貨清單認真清點包裝箱數量，檢查包裝箱外觀有無變形、破損、淋雨、濺水等。
- 開箱後，依據裝箱清單認真清點包裝箱內貨物。檢查是否缺件、缺檔資料或與實際不符。
- 如有損傷或與實際不符，及時通知我公司，我們將儘快給予處理。

3.3.2 估計重量

由於 MV510 系列高壓變頻器隨用戶具體應用的不同而變化，設備的確切重量與設備的容量和選件相關。在出廠包裝箱的外面和用戶圖紙中標明瞭該設備的外形尺寸和重量。

3.3.3 搬運

注意：嚴禁使用變頻器櫃頂的吊環來搬運變壓器櫃，否則將出現嚴重事故。這些吊環是為在工廠搬運空機櫃方便而設計的。

MV510 系列高壓變頻器在廠內經過分體組裝、整體測試，分別包裝出廠。一般分為控制櫃、單元櫃、變壓器櫃、旁路櫃（選配）四部分，這四個部分必須分別整體運輸安裝。在櫃體的底座槽鋼上開有為使用叉車而設計的叉車孔，因此建議用戶根據實際的現場情況選用以下三種方式來搬運：

- 吊車或倒鏈葫蘆提升
- 叉車
- 滾鋼

3.3.4 併櫃、固定

變頻器櫃體就位校正以後，需要將控制櫃、單元櫃、變壓器櫃、旁路櫃（選配）聯接起來，並且將每個櫃體與地基槽鋼聯接起來。

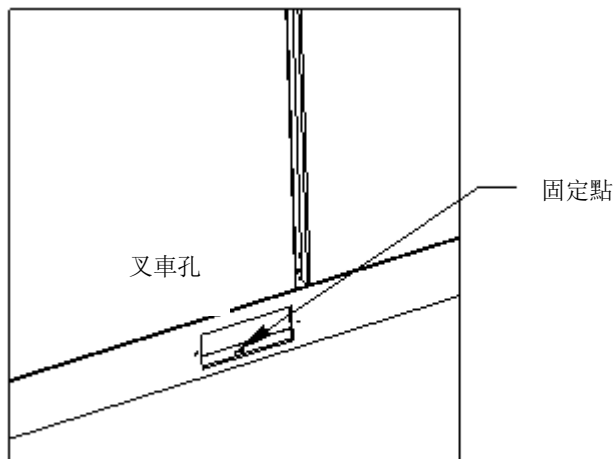


圖 3-11 機櫃固定

注意：

- 櫃體在搬運和安裝時應採取防震、防潮、防止框架變形和漆面受損等安全措施。
- 櫃體就位校正後，進行併櫃，其垂直度、水準偏差以及櫃面偏差和櫃體間接縫的允許偏差規定見表 3-3。
- 帶電部分相間和相對地、帶電體與櫃門的最小安全間距見表 3-4。櫃體、櫃門應可靠接地，變壓器、櫃體應和基礎槽鋼點焊，保證接地可靠。
- 安裝中所用的緊固件，應採用鍍鋅標準件。

表 3-3 櫃體安裝的允許偏差

項 目		允許偏差 (mm)
垂直度 (每米)		<1.5
水準偏差	相鄰兩櫃頂部	<2
	成列櫃頂部	<5
櫃面偏差	相鄰兩櫃邊	<1
	成列櫃面	<5
盤間接縫		<2

表 3-4 安全淨距 (mm)

適用範圍	額定電壓		
	3kV	6kV	10kV
相間和相對地	75	100	125
帶電體至門	105	130	155

3.3.5 功率單元安裝

- 安裝之前確認功率單元沒有受損，受潮。
- 功率單元安裝前應打開單元的側板，檢查裏面是否有緊固件鬆動。
- 功率單元應小心搬運，安裝過程中應防止雜物掉入功率單元內，特別是金屬物。
- 額定電流低於 200A 的功率單元安裝時可以兩人直接安裝於單元櫃內；額定電流超過 200A 時，可以使用公司所配的升降車進行安裝。
- 功率單元應安裝整齊、到位，靠風道側，應與後擋風板緊貼。
- 功率單元安裝到位後用螺絲緊固。

3.3.6 變頻器絕緣阻抗量測 (略)

3.3.7 電氣接線

變頻器耐壓測試合格後，方可進行變頻器內部接線，內部接線包括一次接線和二次接線，下面對一次接線和二次接線分別進行介紹。

(1) 一次接線

一次接線分為變頻器的內部接線和變頻器輸入輸出電纜接線變壓器櫃或啟動櫃內。

- **高壓電源輸入、輸出電纜：**高壓輸入、輸出端子均集中在變壓器櫃或旁路櫃內，高壓輸入電纜接在櫃內的輸入銅排上，高壓輸出電纜（即負載馬達電纜）直接接至櫃內的輸出銅排上，如圖 3-12 所示，用戶可根據現場的情況選定從底部或者頂部進出電纜（需在技術文件確認時提出）。

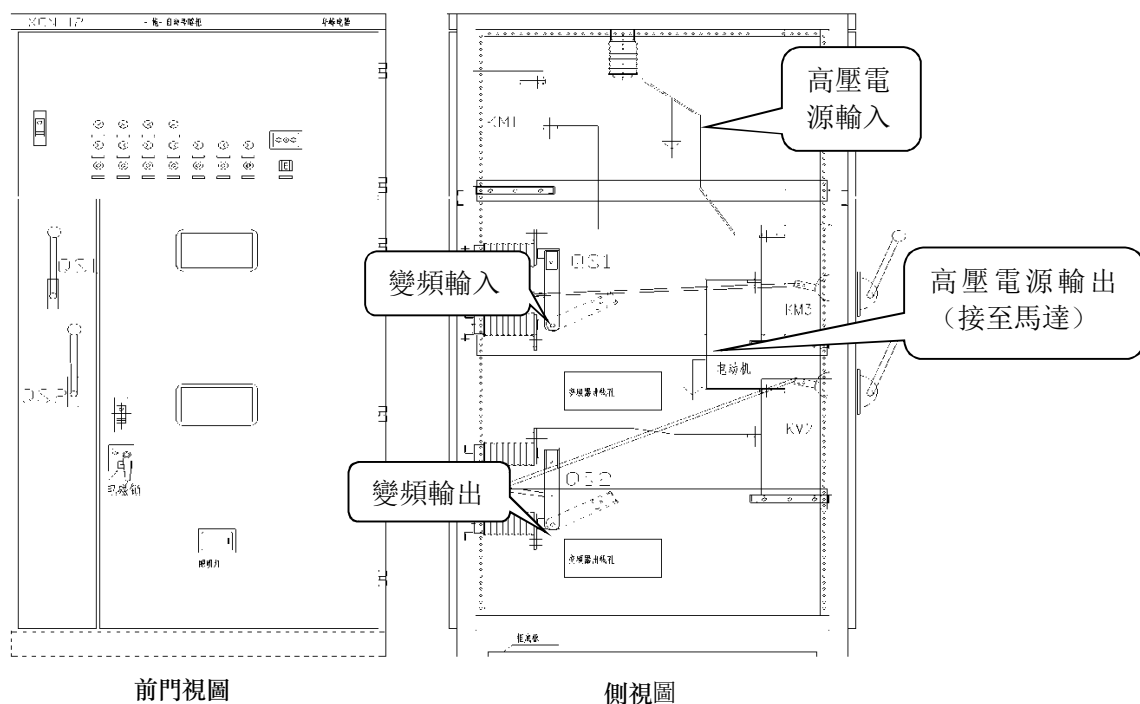


圖 3-12 旁路櫃一次接線端子圖

- **旁路櫃到移相變壓器的電纜：**用高壓軟電纜將 QS1 的下端與移相變壓器的一次側端子連接，旁路櫃的接線端子如圖 3-12 所示；變壓器一次側接線端子如圖 3-13 所示：

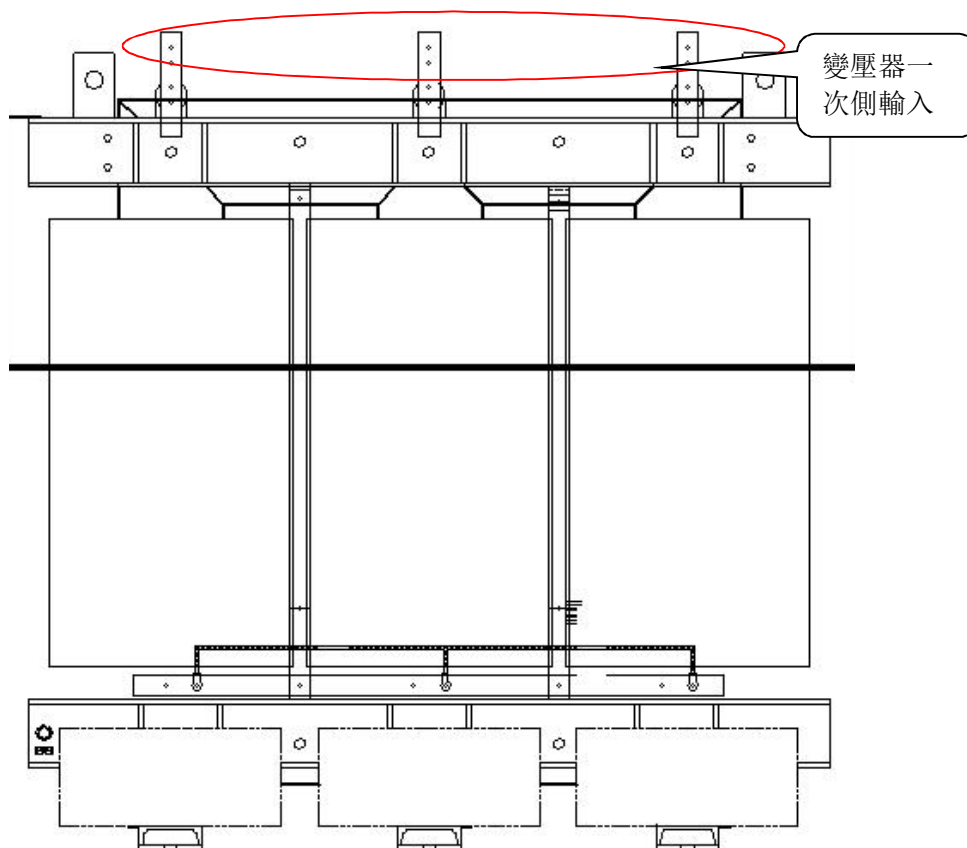


圖 3-13 變壓器輸入端子

- **移相變壓器的二次側端子到功率單元的電纜：**變頻器櫃體就位拼裝完成以後，只需按照電纜號將電纜的兩端接到移相變壓器二次側端子和功率單元輸入端子即可。變壓器二次側端子如圖 3-14 所示，功率單元輸入端子如圖 3-15 所示：

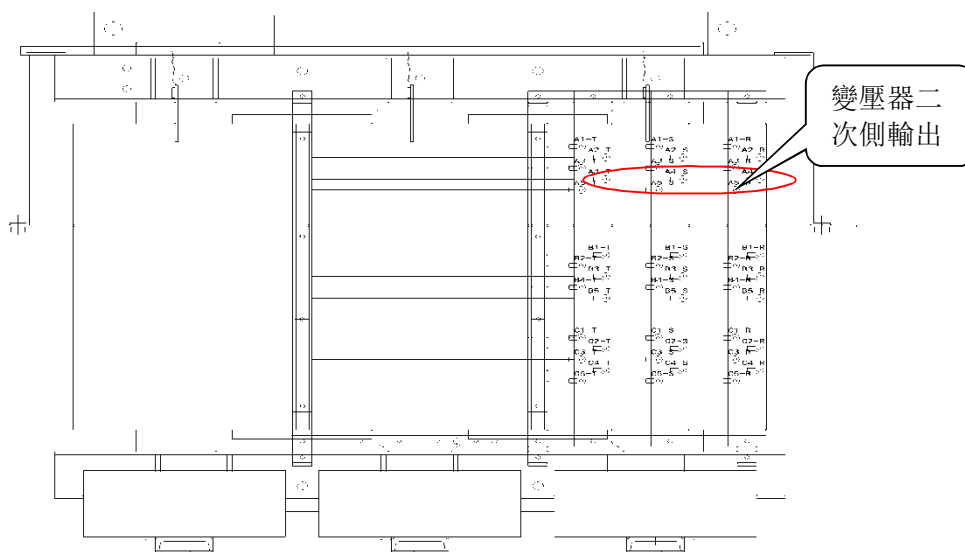


圖 3-14 5 級變壓器介面圖

- **功率單元串接電纜和中性點接線電纜：**功率單元串接電纜（銅排）和中性點接線電纜，其接線示意圖如圖 3-15 所示。



圖 3-15 5 級串接圖

- **功率單元輸出到旁路櫃的電纜：**功率單元串接以後，最後一級單元輸出額定電壓，直接接到旁路櫃內的 QS2 的下端，如圖 3-12 所示。

(2) 二次電纜接線

- 功率單元櫃與變壓器櫃的接線主要是變壓器的冷卻系統、溫度檢測信號和電流檢測信號的接線，接線端子在變壓器櫃的右側，其標準的接線端子如圖 3-16 所示。

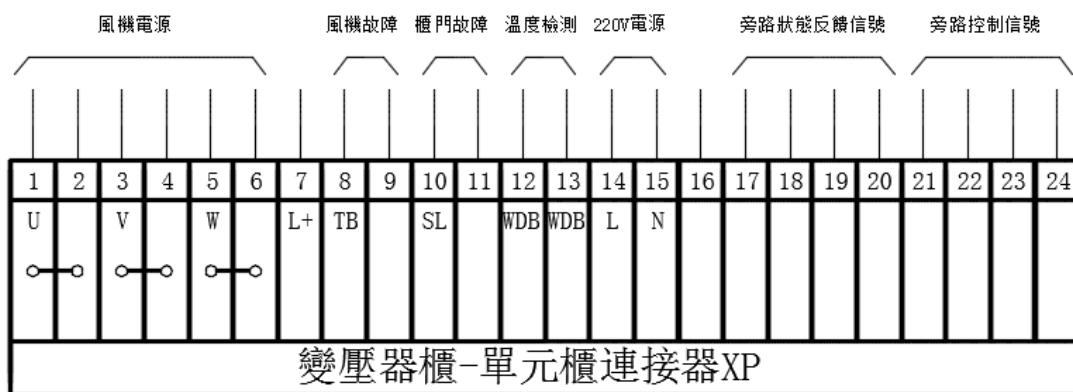


圖 3-16 變壓器櫃內接線端子圖

- 變壓器與旁路櫃的接線端子在變壓器櫃左側，主要有旁路櫃的電源和高壓隔離開關的狀態信號的接線，其標準的接線端子如圖 3-17 所示。

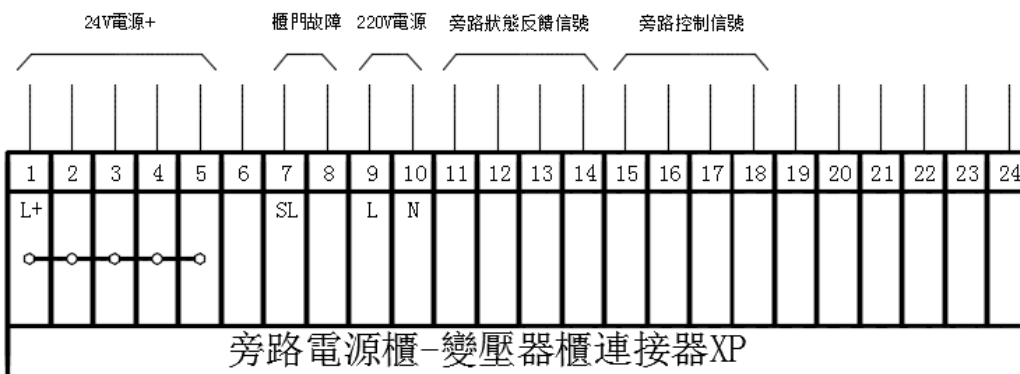


圖 3-17 變壓器與旁路櫃的接線端子圖

- 變頻器與用戶的信號介面集中在控制櫃內，包括各種 DI、DO、AI、AO 信號和控制電源，其標準的接線端子如圖 3-18 所示：

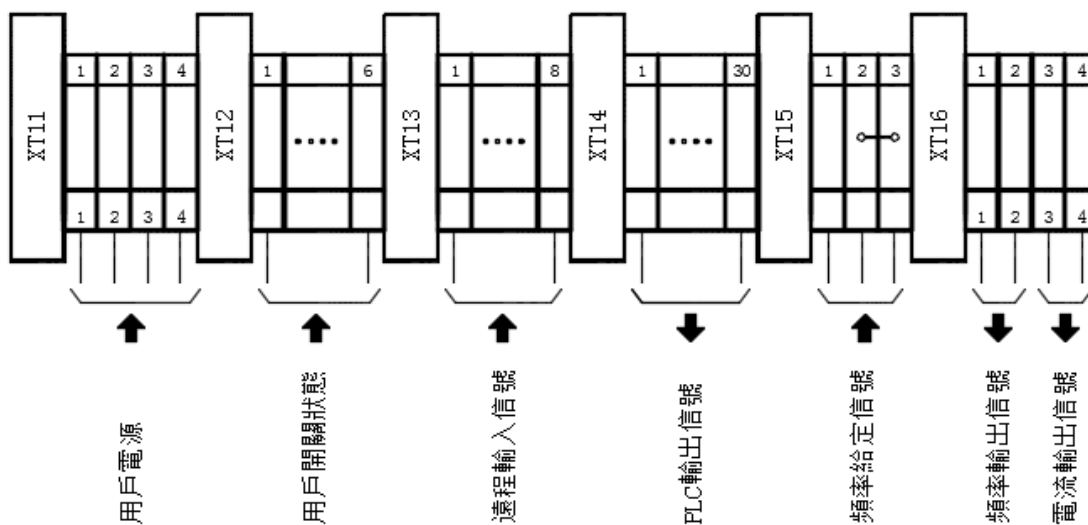


圖 3-18 變頻器與用戶的信號介面圖

以上二次接線端子圖是標準配置變頻器的接線圖，僅供參考。不同的工程專案的變頻器端子圖有不同的改動，具體的接線圖以隨工程配置的電氣圖為準！

3.4 安裝完檢查

變頻器安裝完成後必須對櫃體和控制回路進行整機檢查！！

第四章 功能介紹

4.1 概述

MV510 系列變頻器將頻率固定為 50Hz 或 60Hz 的電網頻率變換成 0-50Hz 或 60Hz 可調頻率，它的功能主要分為以下幾類：

- (1) 與馬達驅動相關的控制功能
- (2) 故障處理功能
- (3) 信號輸入輸出功能
- (4) 監控和顯示功能
- (5) 通訊功能等
- (6) 工頻電網與變頻器間的切換（選件）

為了使您能更全面的瞭解我們公司的 MV510 系列變頻器，下面對其一些主要功能進行一一介紹。

4.2 與馬達驅動相關的控制功能

4.2.1 控制方式

MV510 系列變頻器採用了兩種控制方式：本地控制，遠程控制。

在本地控制方式下，變頻器的運行，停機，復歸，頻率的升降等控制，是在變頻器本體的控制櫃上操作進行的，DCS 或者其他遠方控制站的控制將不起作用。遠程控制是指變頻器是由 DCS 或其他遠方控制站進行控制的。

變頻器實際運行過程中只能選擇一種控制方式有效，變頻器處於哪種控制方式下是由控制櫃門上的“遠方/本地”旋鈕決定的，當旋鈕撥向“本地”位置，表示變頻器處於本地控制方式下，遠方控制無效。當旋鈕撥向“遠方”位置，表示變頻器處於遠方控制方式下，本地控制無效。

控制方式的選擇不會影響變頻器的其他功能。也就是說，不管變頻器處於何種控制方式，變頻器的運行參數、故障歷史記錄等功能在 HMI 上都可以進行顯示或查詢。

4.2.2 頻率給定方式

目前，MV510 系列變頻器採用了兩種頻率給定方式：（1）數位輸入頻率給定；（2）類比輸入頻率給定。

用戶可以根據情況任意選擇其中一種頻率給定方式，當選定某種頻率給定方式以後，另外一種頻率給定方式給定的頻率值無效。

頻率給定具有自保持功能。即當變頻器由模擬量給定或端子頻率給定方式切換到控制介面手動頻率給定時，給定頻率會先自動保持在切換前的設定值，然後再逐漸改變到當前的給定頻率。

4.2.3 跳頻設置

在某些傳動系統中，存在機械共振點，馬達若長期在共振點附近頻率運行，機械系統容易發生強烈共振，馬達電流變化劇烈，系統不能正常運轉，甚至會導致變頻器過電流保護而跳閘，這樣的共振是非常有害的，變頻器在運行中需要加以避免；MV510 提供 2 個共振點頻率跳躍設定功能，給定頻率自動跳躍跳頻區間段，同時系統在運行中快速通過共振點，使馬達能夠平滑過渡。

若給定頻率設定值處於共振頻率帶範圍內，則給定頻率取值為共振頻率帶上限值，機械系統的共振點個數需要根據具體的負載情況由用戶實測確定；當不使用此功能時，可將跳頻功能關閉。

4.2.4 轉矩提升

為了彌補馬達低速時的轉矩不足，可根據需要加入轉矩提升電壓，改變變頻器輸出的“電壓—頻率”曲線，從而實現對馬達的輸出轉矩提升。

為了使馬達合理運行，當頻率為 0 時，輸出電壓為 U_b ，該值即為轉矩提升值，如圖 4-1 所示。轉矩提升在實際運行中應該根據負載的性質進行合理的設置，過高的轉矩提升電壓會導致變頻器啟動時馬達過流，系統效率也會降低，一般不宜超過 5%。

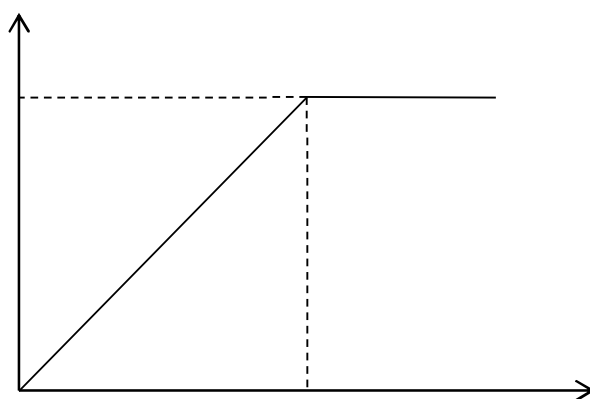


圖 4-1 變頻器的轉矩提升曲線

4.2.5 輸出電壓自動調整

輸出電壓自動調整功能是指當電網電壓波動時系統根據母線電壓的波動自動調節輸出 PWM 信號的占空比，從而保證輸出電壓不會受到電網電壓及負載變化帶來的影響。

4.2.6 系統過電流限制

無論是負載突變，還是升速過程中短時間的過流，總是不可避免的，因此對過電流的處理原則是儘量避免保護停車，為此變頻器具備過電流的自處理功能，只有當衝擊電流峰值過大時，才迅速保護停機。

當運行過程中出現過電流時，為使系統不發生報警或者保護停車，用戶可根據馬達額定電流和負載的具體情況設定限流準位，當電流超過設定限值時，系統先將輸出頻率適當降低，待電流低於設定限值時，工作頻率在逐漸恢復。

4.2.7 母線過電壓限制

對於兩象限的變頻器，在系統受控減速過程中，很容易出現母線電壓泵升的現象，經常觸發母線過壓故障，導致系統故障停機，更嚴重的會出現功率單元爆炸現象。

本系統具備母線過壓限制功能，並具備良好的動態特性，在能保證比較快速的減速停機的同時，最大程度的保護了功率單元可能出現的母線電壓嚴重泵升。

4.2.8 瞬停自啟

由於工業現場比較複雜，有時會發生暫態停電或暫態欠電壓的情況，調速系統除滿足正常運行時的性能要求外，還要求變頻器對不正常運行狀態具有足夠的處理能力。

MV510 具有最先進的瞬停自啟能力，在停電時間極短的情況下，可以依賴馬達的殘壓進行轉速追蹤，快速完成自啟動功能，約 200ms 恢復到之前的工作狀態，該能力可以滿足失電穿越技術；在停電時間較長時，馬達殘壓會迅速衰減，這時可以判斷殘壓的幅值，如果難以實現殘壓追蹤就改用電壓激勵法，通過估計有功電流完成馬達的再啟動功能，約 3s 左右恢復到之前工作狀態。

4.2.9 飛車啟動

飛車啟動又稱為旋轉啟動，能夠提高系統連續生產的能力以及消除馬達旋轉狀態下再啟動對網側及變頻器自身的衝擊；通過主動激勵的方式，估計有功電流，完成飛車啟動，可以保證在基頻以內全頻率範圍內的 100%再啟動成功；適用於馬達在初始狀態下非靜止狀態的直接啟動。

4.2.10 高壓採樣

MV510 採用 2 個 $5M\Omega$ 高壓無感電阻（耐壓為 40kV）串聯，進行分壓，保證機櫃外殼接地電流在 0.8mA 以內，使用隔離電壓 15kV 的隔離運放（業內獨家使用）將採樣信號安全的引入到主控箱，也保證了採樣信號的幅值及相位失真很小，0.5%以內。

4.2.11 調製方式

調製波採用正弦波迭加 3 次諧波的方式，最高可以提高輸出電壓 1.1547 倍；MV510 採用單調制波雙三角載波的倍頻法調製方式，IGBT 開關頻率為 640Hz，5 級以上系統額定輸出電壓諧波均在 1%以內；與單極性調製相比，同等的諧波含量，開關頻率降低一半，大大降低了 IGBT 開關損耗，延長了使用壽命，同時也保證了動態過程中各個 IGBT 功率平衡。

4.2.12 恢復出廠設置

出廠設定是變頻器所有參數被定義的初始狀態，通過恢復出廠設定值，能夠在任何時候將所有參數值恢復到恢復初始狀態，因而撤銷自變頻器運行以來的所有參數的變更。出廠設定值在出廠時與控制軟體一起存貯在永久性存貯器中，如果變頻器由於參數被異常修改而導致不能正常運行，可以通過修改特定的功能號將變頻器恢復默認值設置。

變頻器的出廠默認參數值是由廠家針對不同的應用場合而單獨調試設置的。用戶只有在熟悉參數含義，參數修改後不會導致嚴重後果出現，並且在經過雙方認可後，才能進行修改。

4.3 信號輸入輸出功能

MV510 系列變頻器的信號輸入輸出主要包括數位輸入、數位輸出、類比輸入、類比輸出四部分。

4.3.1 數位輸入

MV510 系列變頻器提供 6 路基本數位輸入通道，通道定義如下：

表 4-1 DI 輸入介面

序號	名稱	邏輯要求	介面類型	用途
1	DCS 急停	脈衝信號	無源乾接點	變頻器在正常運行時直接跳開用戶開關
2	DCS 復歸	脈衝信號	無源乾接點	復位變頻器故障記錄
3	DCS 啟動	脈衝信號	無源乾接點	啟動變頻器，按照設定曲線升頻到設定頻率
4	DCS 停止	脈衝信號	無源乾接點	停止變頻器，按照設定曲線降頻到 0Hz
5	備用	脈衝/數位信號	無源乾接點	

6	備用	脈衝/數位 信號	無源乾接 點	
---	----	-------------	-----------	--

此外，在必要的情況下，變頻器系統可以根據用戶的要求對開關量輸入通道進行擴展，具體要求在訂貨和技術協議中提出。

4.3.2 數位輸出

MV510 系列變頻器提供 6 路基本數位輸出通道，所有通道均為繼電器乾接點輸出。

表 4-2 DO 輸出介面

序號	名稱	邏輯要求	介面類型	用途
1	遠方控制	合：變頻器處於 DCS 控制 分：變頻器處於本地控制	無源乾接 點：常開	標識變頻器的控制方式
2	系統就緒	合：允許合用戶開關 分：禁止合用戶開關	無源乾接 點：常開	允許合用戶開關(串到用戶開關的合閘回路中)
3	系統待機	合：允許啟動變頻器 分：禁止啟動變頻器	無源乾接 點：常開	變頻器運行的條件
4	變頻運行	合：馬達變頻運行 分：馬達未變頻運行	無源乾接 點：常開	標識變頻器的運行狀態
5	報警信號	合：變頻器有報警信號 分：變頻器無報警信號	無源乾接 點：常開	標識變頻器有報警信號
6	故障信號	合：變頻器有故障信號 分：變頻器無故障信號	無源乾接 點：常開	標識變頻器有故障信號
7	高壓分閘	脈衝信號	無源乾接 點：常開	分斷用戶開關(並到用戶開關的分閘回路中)

此外，在必要的情況下，變頻器系統可以根據用戶的要求對數位輸出通道進行擴展，具體要求在訂貨和技術協議中提出。

4.3.3 類比輸入

MV510 系列變頻器可對系統輸入側、輸出側三相電壓和電流進行監測，除了電壓、電流的監測以外，MV510 系列變頻器還提供兩路外部類比輸入通道，類比輸入信號可以為 4~20mA 電流信號或 0~10V 電壓信號。表 4-3 給出了 MV510 系列變頻器類比輸入部分的定義。

表 4-3 類比輸入介面

序號	名稱	邏輯要求	介面類型	用途
1	設定頻率	4~20mA/0~10V (範圍 0~50Hz)	類比	變頻器設定頻率類比輸入
2	備用	4~20mA/0~10V	類比	備用

此外，在必要的情況下，變頻器系統可以根據用戶的要求對類比輸入通道進行擴展，具體要求在訂貨和技術協議中提出。

4.3.4 類比輸出

在 MV510 系列變頻器的用戶端子上，有 2 路類比輸出通道。類比輸出信號可以為 0~10V 電壓信號或 4~20mA 電流信號。

表 4-4 類比輸出設置

序號	名稱	邏輯要求	介面類型	用途
1	輸出頻率	4~20mA/0~10V (範圍 0~1.2 倍額定 頻率)	類比	變頻器運行頻率類比輸出
2	輸出電流	4~20mA/0~10V (範圍 0~1.5I _n)	類比	變頻器輸出電流類比輸出

此外，在必要的情況下，變頻器系統可以根據用戶的要求對類比輸出通道進行擴展，具體要求在訂貨和技術協議中提出。

4.4 監控和顯示功能

MV510 系列高壓變頻器有一套十分簡潔和易於操作的人機介面，採用北京昆侖通態公司生產的觸摸屏，有多種規格可供用戶選擇，同時具有監控和操作兩種功能，即時顯示系統多組類比、數位資訊，如輸入電壓、輸入電流、輸出電壓、輸出電流、給定頻率、輸出頻率、單元母線電壓、單元溫度、系統運行狀態等相關資訊；同時具有參數設定、故障記錄等功能。

4.5 通訊功能

MV510 系列變頻器除了自身具備強大的控制功能外，還具備與其它設備進行通訊的功能，可擴展 Profibus-DP、MODIBUS、TCP/IP 等通訊協議介面，可以方便地與機組分散控制系統 DCS 或其他控制系統進行通訊。

4.6 工頻電網與變頻器間的切換（選件）

為了不影響生產，MV510 系列高壓變頻器本身配置了工頻旁路，當需要對變頻器進行檢修、維護或者變頻器出現故障時，將馬達投切到工頻下運行，確保系統正常工作。

作為選件，可以配置自動旁路櫃，在進行變頻器向工頻電網切換過程中，不需要任何手動干預，實現完全自動切換。當設備出現故障時，系統在檢測到之後，自動執行運行方式的切換，以保證變頻器連續進行工作。設備具有了這項功能後，可以大大地提高其運行可靠性，滿足高可靠性用戶的要求，以便於這類用戶的系統設備或工藝不會因為變頻器故障而受到影響。旁路運行之後，可以由用戶決定在合適的時間停機，對故障進行維修。

轉入工頻運行後，為了滿足工況要求，必須重新控制節流裝置（風門或閘門），保證運行工況滿足工藝要求。

第五章 工作原理

5.1 簡介

東元電機股份有限公司生產的MV510系列變頻器是專門為標準三相交流高壓感應馬達應用而設計的。目前，非同步馬達由於具有堅固耐用、結構簡單，適用性強、價格低廉等特點在工業生產領域得到廣泛應用。當由電網直接供電時，馬達的轉速是固定的，對馬達的控制是靠改變其他機械環節的控制方法得到的，使得馬達長期運行在低效率工作區，能源浪費嚴重；運行時自動調節的品質差，而且維護、檢修費用高；同時直接啟動對馬達和電網的電流衝擊很大，給機組的安全運行帶來隱患。

MV510系列變頻器是採用新型高壓大功率電力電子器件構造的直接“高-低-高”型高壓變頻器，通過直接改變供給的交流電源的頻率和幅值的變壓變頻控制方法，在很寬的轉速範圍內進行高效率的轉速調節和位移控制，從而改善系統性能，提高生產工藝，實現高度自動控制，提高產品品質，降低能源消耗。

5.2 主電路

MV510 系列變頻器是由多個功率單元串聯而成，通過將多個低壓功率單元的輸出疊加起來得到高壓輸出。圖 5-1 為 6kV 系列高壓變頻器的典型電路拓撲圖。

電網送來的三相 6kV/50Hz 交流電，經移相變壓器，供電給 15 個功率單元，每個功率單元的額定輸出電壓為 690V，相鄰功率單元的輸出聯接起來，每相 5 個功率單元進行疊加，使得高壓變頻器的額定輸出相電壓為 3450V。三相共 15 個功率單元，形成 Y 聯結結構，使得線電壓為 6000V，直接供給感應馬達。

每個功率單元承受全部的輸出電流，但只提供 1/5 的相電壓和 1/15 的輸出功率。由於此種結構採用的是整個功率單元串聯，而不是的功率器件串聯，故不存在元器件串聯所帶來的均壓等問題。

對於不同的輸出電壓等級，串聯的單元數目是不一樣的，但是其基本原理是一樣的。

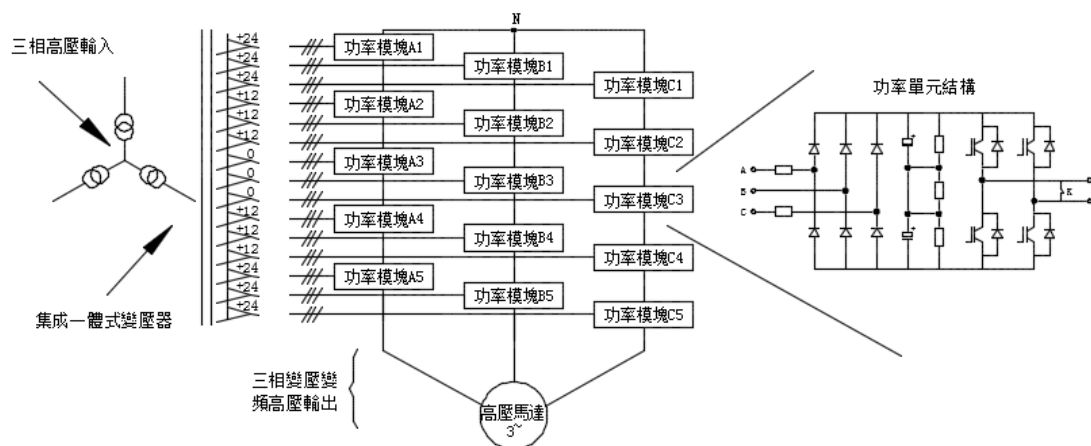


圖 5-1 MV510 系列變頻器的典型電路拓撲圖

5.2.1 移相變壓器

每個功率單元由一體化的移相變壓器的副邊線圈分別供電。隔離變壓器的每一個次級僅供給一個功率單元，為了降低輸入諧波電流，移相變壓器實行多重化設計，以 6kV 變頻器為例，二次側共 15 套副邊繞組，採用延邊三角形聯結，每相分為 5 個不同的相位組，互差 12° 電角度。分別有 0° 、 $\pm 12^\circ$ 、 $\pm 24^\circ$ 等移相角度，這種移相接法可以有效地消除 29 次以下的諧波，不會對電網造成超過國家標準的諧波干擾，完全符合 IEEE519~1992 及 GB/T14519~93 標準對電壓失真和電流失真最嚴格的要求，圖 5-2 所示的是輸入側線電壓波形，MV510 系列高壓變頻器的輸入電壓接近正弦波，對電網的諧波污染小，總體諧波畸變小於 4%。同時，輸入側的功率因數高，不必採用功率因數補償裝置。

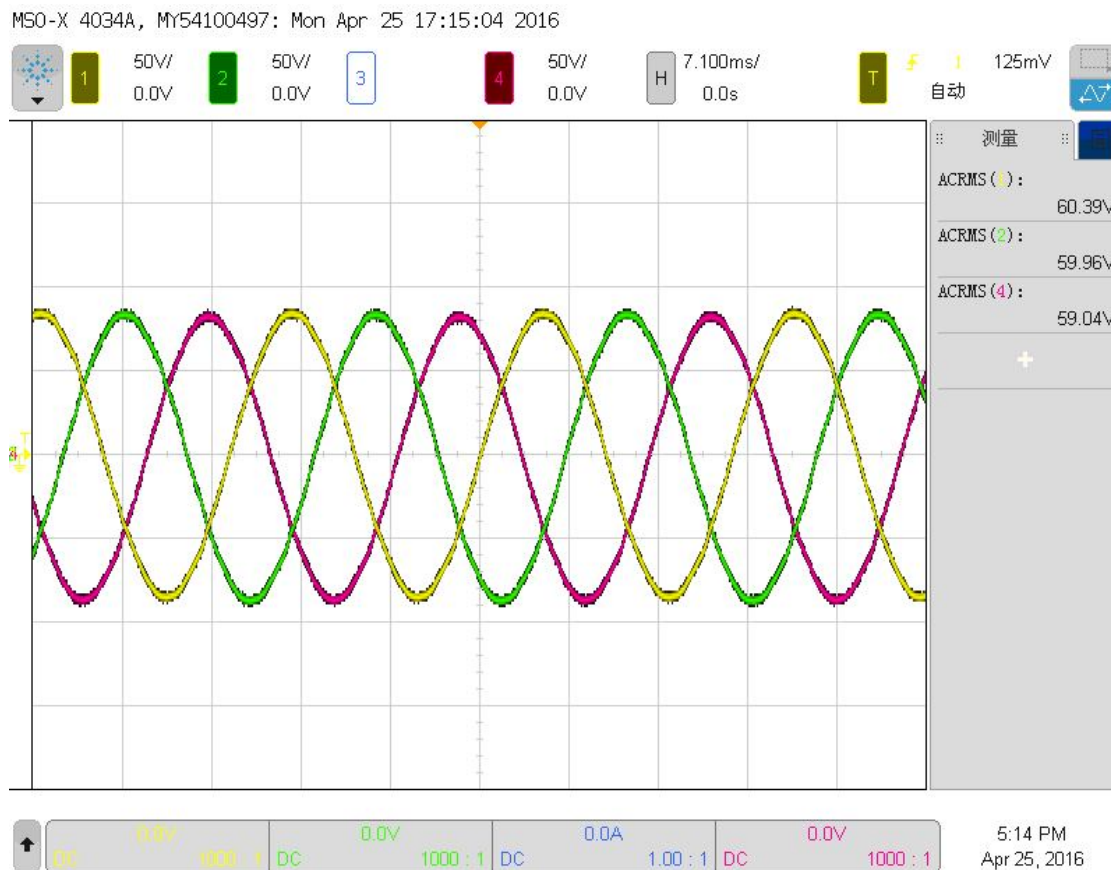


圖 5-2 實測輸入側線電壓波形

5.2.2 功率單元

功率單元的結構圖見圖 5-3，功率單元結構都是相同的，具有互換性，每個功率單元包括輸入保險絲，整流橋，濾波電容，IGBT 逆變橋，以及實現驅動、保護、監測、通訊等控制功能的功率單元控制基板等。

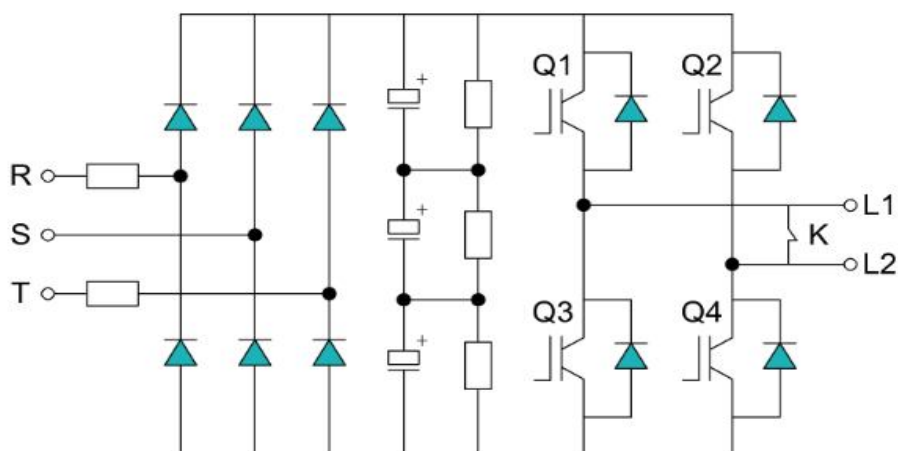


圖 5-3 功率單元結構圖

每個功率單元通過光纖通訊接收主控箱發送的調製資訊以產生負載馬達所需要的電壓和頻率，而每個功率單元的狀態資訊（包括正常工作狀態和故障資訊）也通過光纖回饋給主控系統，由主控系統進行統一控制。

功率單元輸入為三相交流電，經三相整流橋整流後，經濾波電容形成直流母線電壓，再經由 4 個 IGBT 構成的 H 型單相逆變橋，實行 SPWM 控制，在其輸出端形成為額定頻率為 50Hz/60Hz（此頻率可根據馬達的額定頻率調整）的單相交流電，圖 5-4 為實測功率單元輸出波形。



圖 5-4 實測功率單元輸出波形

每個單元輸出 3 種不同的電壓，即+U、0 和-U。每相 5 個功率單元串聯疊加，產生多重化的相電壓波形，共有 11 種電平即 0、±U、±2U、±3U、±4U、±5U，對應的線電壓，有 21 種電平，圖 5-4 為實測輸出側線電壓波形。

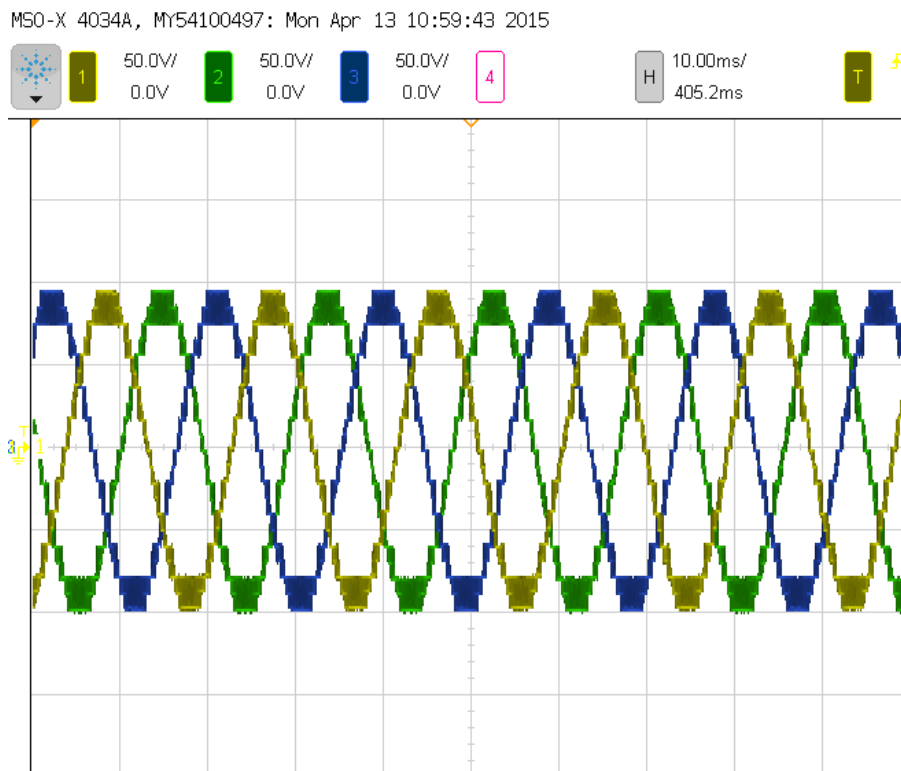


圖 5-5 實測輸出側線電壓波形

與國內行業其他同類產品，MV510 系列所配置的功率單元具有如下優勢：

(1) 溫度即時採集

功率單元散熱器上裝有 NTC 電阻，通過 PWM 比較電路產生脈衝，然後 FPGA 解碼上傳給 DSP，以達到單元溫度上傳的效果，經上位曲線擬合後顯示精度在 0.9°C ，溫度即時監控使得產品可靠性得到了很大的提高。

(2) 單元功率母線設計及母線電壓即時採集

功率單元內部大量採用功率母線設計方式，在有效的抑制開關尖峰產生的同時提高了可靠性，使 IGBT 等功率單元工作在一個比較安全的環境中，同時也減少了功率器件開關所產生的電磁輻射；同時母線電壓採用 12 位精度的 AD 採集，經 SPI 通信傳給 CPLD，不同於其他廠家僅在功率單元內部用硬體設置比較器做故障保護，為軟體性能的提升提供了很高的保證。

(3) 獨立風道的設計

功率單元內各個功率部分、控制部分採用整體遮罩與獨立腔室遮罩結合的整體設計方案，使得單元內部各個發熱元器件散熱均勻，整個單元結構牢固，遮罩效果較好，使得功率單元的 EMC、EMI 性能測試均超過國內行業其

他同類產品。

- 1) 在電解電容組區域形成強迫的氣流，使電解電容組的散熱情況更好，延長了電解電容的使用壽命；
- 2) 為單元控制板件安裝腔室單獨設計風道，使單元控制板件在得到良好散熱的同時，兼顧了 EMC 的設計；

在功率器件表面、均壓電阻及吸收電路安裝腔室內設置風道，使單元內部溫度得到改善。

(4) 單元吸收電路設計

經過精確計算和實際測試而設計出的功率單元吸收電路，使得 IGBT 的開關損耗較小，單元工作時溫升小，延長了功率器件的使用壽命。

(5) 單元旁通功能（選件）

MV510 採用常閉觸點的非對稱式機械旁路技術，當功率單元故障後，其自動旁路，系統根據實際運行工況滿額運行或降額運行，與其他控制方式相比具有如下優勢：

- 1) 即使電源故障也能實現單元旁通；
- 2) 即使單元控制板故障或 CPLD 停止工作，也能實現單元旁通；
- 3) 與非旁通系統程式相容、結構相容，可以方便將非旁通系統改造成旁通系統。

(6) 單元老化與測試

1) 每個單元在廠內均要通過 100% 額定電流老化，同時每個單元的單元旁通功能均在 100% 額定電流情況下測試，保證產品在使用中的可靠性。

2) 功率單元內使用的控制板件均在廠內通過兩次測試及老化，老化條件高於工業級溫度、濕度老化標準，保證控制板件的可靠性。

5.3 控制系統

控制系統包括主控系統和電氣控制系統。圖 5-6 為 MV510 系列變頻器控制系統的結構示意圖。

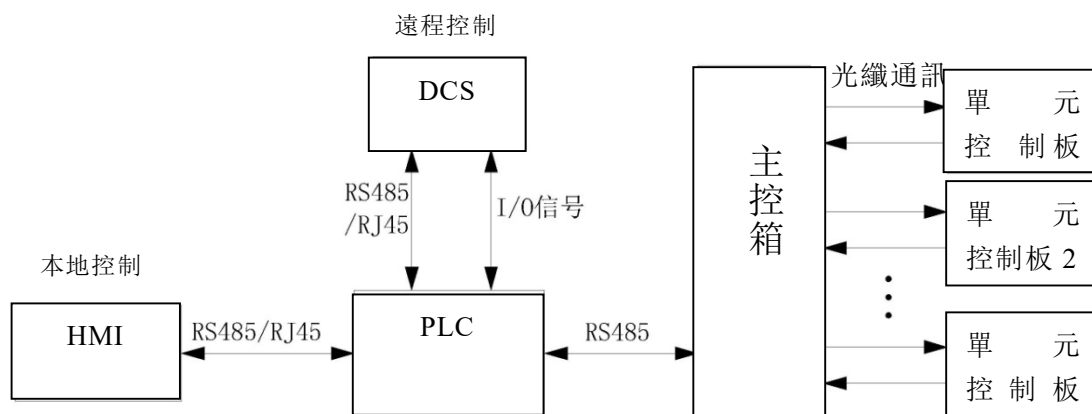


圖 5-6 控制系統結構示意圖

5.3.1 主控系統

主控系統包括主控板、光纖通訊板、採樣板、介面板。主控板採用整體設計，避免大量接插件，主控系統安裝在整體遮罩的機箱內，提高了系統的抗干擾能力。

主控系統是整機控制的核心部分，整機的快速保護、故障的快速診斷、變頻器的運行狀態的控制、控制數據運算和輸出均由主控系統完成，主控系統與功率單元之間通過光纖通訊，主控板和光纖通訊板之間通過硬體插座進行數據傳輸，光纖通訊板通過光纖與功率單元上的功率單元控制板進行通訊和控制，向各個功率單元傳輸 SPWM 信號，並返回各個功率單元狀態資訊，該光纖是功率單元與主控系統的唯一連接，因而 MV510 系列高壓變頻器的主電路與控制系統是完全電氣隔離的。

5.3.2 電控系統

電氣控制系統包含電源部分，邏輯控制部分（包括 PLC 和電氣控制元件），人機介面。PLC 採用 S7-1200/AP-200，可靠性高，主要完成對變頻器輸入輸出信號控制，對外圍電氣的控制、保護、連鎖，外部故障檢測，與主控系統進行通訊，控制人機介面等。

人機介面採用北京昆侖通態觸摸屏，通過與 PLC 相連，主要完成命令下發、功能參數的設定，系統狀態、運行狀態，故障的顯示和記錄等功能，全中文介面且操作方便。

PLC 和主控系統之間採用 RS-485 串行通訊。DCS 上位控制系統通過用戶 I/O 端子發出控制命令，如控制變頻器的運行/停機，複位等，同時接受變頻器的回饋狀態及工作參數，如運行狀態，故障資訊，運行頻率等。

第六章 現場調試規範

6.1 範圍

本章規定了變頻器的現場調試規範，其中包括變頻器測試專案、現場測試要求及步驟等等，供用戶編制現場調試方案參考和公司服務人員在現場調試時使用。

6.2 術語

- **現場調試：**變頻器運抵用戶現場，安裝驗收合格後，根據規定的測試內容對變頻器進行測試。
- **控制櫃送電檢查：**低壓 AC380V 控制電源送電後，根據本規範規定的內容對變頻器進行一次電源不送電檢查。
- **模擬測試：**用戶變頻器電源開關推到試驗位置，低壓 AC380V 控制電源送電後，根據技術協議和設計檔的規定對變頻器進行模擬現場實際運行。
- **單元處於非工作狀態：**功率單元前面板的所有發光二極體均已熄滅。
- **功率單元分體測試：**變頻器主電源送電，變頻器功率單元輸出端不進行串聯，根據規定的內容和步驟進行調試。
- **功率單元串聯測試：**變頻器功率單元分體測試合格後，將變頻器功率單元輸出端星型連接，根據規定的內容和步驟進行測試。
- **帶馬達空載測試：**變頻器功率單元串聯測試合格後，連接馬達，馬達不帶任何負載，根據規定的內容和步驟進行測試。
- **帶馬達負載測試：**變頻器帶馬達空載測試合格後，變頻器連接馬達，馬達帶負載（風機、水泵等），根據本規範規定的內容和步驟進行測試。
- **投運測試：**變頻器帶馬達負載測試完成後，根據技術協議和設計檔規定，將變頻器投入到用戶的系統生產中運行。

6.3 調試規範

6.3.1 測試內容

變頻器現場測試內容包括：控制櫃送電檢查、模擬測試、功率單元分體測試、功率單元串聯測試、帶馬達空載測試、馬達帶負載測試、投運測試。

6.3.2 控制櫃送電檢查

安全注意事項：

- 1、本步驟僅限於低壓 AC380V 控制電源送電；
- 2、送電前，必須保證用戶的變頻器一次電源開關處於試驗位置。

(1) 送電檢查流程

根據圖紙，安裝、接線檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→狀態檢查→低壓 AC380V 控制電源掉電。

(2) 安裝、接線檢查

- 控制電源是否符合設計規範；
- 根據設計檔檢查用戶介面信號線連接是否正確可靠；
- 根據設計檔檢查控制櫃內各接線是否有鬆動，連接正確可靠；
- 根據設計檔檢查各個接地線：控制櫃電氣地、變壓器接地、機櫃接地及櫃門接地線是否正確可靠；電氣地是否和高壓地分開連接；
- 檢查每個功率單元和主控箱的上行光纖和下行光纖插接是否正確，插接是否可靠；
- 檢查功率單元進線螺釘是否緊固可靠。

(3) 狀態檢查

- 根據設計檔檢查各主要執行機構狀態指示是否正確；測試變頻器的各低壓控制信號，驗證各按鈕的有效性以及是否正確互鎖；
- 根據設計檔檢查 PLC 輸入點和輸出點狀態；
- 對遠控信號進行測試，以確保介面正確；
- 根據設計檔檢查觸摸屏各狀態指示；

6.3.3 模擬測試

安全注意事項:

- 1、控制櫃送電檢查合格後方可進行模擬測試;
- 2、模擬測試前, 必須保證用戶的變頻器一次電源開關處於試驗位置;

(1) 模擬測試流程

檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→模擬測試→低壓 AC380V 控制電源掉電。

(2) 模擬測試內容

- 檢查以下各主要執行機構是否正常工作。
 - 1) 隔離開關工作是否正常;
 - 2) 接觸器工作是否正常;
 - 3) 斷路器工作是否正常;
 - 4) 冷卻風機系統工作是否正常;
 - 5) 門開關工作是否正常;
 - 6) 電磁鎖工作是否正常;
 - 7) 櫃內照明燈工作是否正常;
- 變頻器重故障或緊急分斷後立即跳掉用戶變頻器一次電源開關;
- 在變頻方式和工頻旁路方式模擬運行的情況下, 變頻器未給出高壓開關合閘允許信號前用戶的變頻器一次電源開關不能手動或自動合上;
- 故障報警可靠, 狀態指示正確;
- 本地或遠程控制方式下能正常啟動、停止、複位變頻器;
- 在觸摸屏上校驗本地及遠程給定運行頻率。

6.3.4 分體測試(出廠前各單元已做詳盡測試, 若需量測由原廠服務人員執行)

安全注意事項:

- 1、模擬測試合格後方可進行變頻器功率單元分體測試;
- 2、變頻器一次電源送電之後, 禁止操作隔離開關;
- 3、變頻器一次電源第一次送電前, 必須將所有的變頻器櫃門關閉, 同時不能站

在變頻器櫃體正面 2 米以內；

- 4、變頻器一次電源第一次送電 5 分鐘後，方可進行測試；
- 5、在所有專案的測試過程中，現場測試人員必須佩戴安全帽、帶絕緣手套和穿絕緣靴；
- 6、在所有專案的測試過程中，現場測試人員必須衣冠整潔，禁止穿短袖、短褲，佩戴鑰匙、手機、手錶，裝飾品及其它金屬製品。

(1) 功率單元分體流程

檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→變頻器就緒→變頻器一次電源送電→運行→功率單元分體測試→停機→變頻器一次電源掉電→低壓 AC380V 控制電源掉電。

(2) 分體測試、記錄內容

- 用數字萬用表測量各個功率單元輸入側線電壓有效值，並記錄；
- 變頻器採用本地控制方式，運行至 50 赫茲，用示波器測量各個功率單元輸出電壓 PWM 波形，並記錄一個正常的電壓 PWM 波形和所有異常電壓 PWM 波形；
- 在所有功率單元輸出波形正常的情況下，用示波器讀取各功率單元輸出電壓交流有效值，並記錄；
- 變頻器運行過程中，測試並記錄單元櫃進風口溫度；

6.3.5 功率單元串聯測試

安全注意事項：

- 1、變頻器功率單元分體測試合格後方可進行變頻器功率單元串聯測試；
- 2、變頻器一次電源送電之後，禁止操作隔離開關；
- 3、所有專案的測試過程中，測試人員必須佩戴安全帽、帶絕緣手套和穿絕緣靴；
- 4、所有專案的測試過程中，測試人員必須衣冠整潔，禁止穿短袖、短褲，佩戴鑰匙、手機、手錶，裝飾品及其它金屬製品；
- 5、功率單元分體測試合格後，串接功率單元輸出銅牌前，必須保證變頻器一次電源開關處於試驗位置，且各單元均處於非工作狀態。

(1) 功率單元串聯測試流程

安裝串聯銅排→中性點連接→測量儀器連接→檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→變頻就緒→變頻器一次電源開關送電→運行變頻器→線電壓波形檢測→停機→變頻器一次電源掉電→低壓 AC380V 控制電源掉電。

(2) 功率單元串聯測試內容

- 變頻器採用本地控制方式運行，用示波器和高壓探頭，測試並記錄 10Hz、20Hz、30Hz、40Hz、50Hz 時變頻器輸出線電壓波形，記錄結果，要求示波器顯示電壓有效值；
- 變頻器運行過程中，測試並記錄單元櫃進風口溫度；

6.3.6 帶馬達空載測試

安全注意事項：

- 1、變頻器功率單元串聯測試合格後方可進行變頻器拖動馬達空載測試；
- 2、禁止變頻器一次電源送電後拉合隔離開關；
- 3、所有專案的測試過程中，測試人員必須佩戴安全帽、帶絕緣手套和穿絕緣靴；
- 4、所有專案的測試過程中，測試人員必須衣冠整潔，禁止穿短袖、短褲，佩戴鑰匙、手機、手錶，裝飾品及其它金屬製品；
- 5、功率單元串聯測試合格後，連接變頻器輸出到馬達的電纜前，必須保證變頻器一次電源開關處於試驗位置；
- 6、若在測試過程中，發現馬達反轉，在更正馬達相序前，必須保證變頻器一次電源開關處於試驗位置，且各單元均處於非工作狀態。

(1) 帶馬達空載測試流程

連接馬達→測量儀器連接→檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→變頻就緒→變頻器一次電源開關送電→5Hz 運行→檢查馬達轉向→若反向，則停機
→分斷變頻器一次電源開關→等待功率單元掉電→更正馬達接線→檢查確認→
變頻器一次電源開關送電→馬達轉向正確後，升頻→輸出電壓、電流波形檢測
 →停機→分斷變頻器一次電源開關→低壓 AC380V 控制電源掉電。

(2) 帶馬達空載測試內容

- 在變頻器帶馬達試驗之前，根據工況和客戶需要，要求用戶安排人員測量並記錄：工頻運行時，馬達在空載及最大負載情況下的軸向、水準、垂直三個方向的振動參數值；
- 在帶馬達運轉之前，應首先確認變頻器所驅動馬達的冷卻方式。若馬達的冷卻方式為風冷，則需要確定馬達允許長時間運行的最低轉速，以免馬達過熱。
- 檢查變頻器各項參數設置，清除故障歷史紀錄，馬達的升降速時間可設定在 3 分鐘或更長，採用本地控制方式啟動變頻器帶馬達空載運行，從 5Hz 開始，在升速的過程之中，查找並記錄馬達的機械共振點，若存在機械共振點，則停機，設置跳頻參數；再從 5Hz 開始重複升速過程，觀察跳頻點的設置是否有效；並反復測試，直至機械共振點完全被抑制住，並詳細記錄；
- 用示波器和電流探頭，觀測並記錄：10Hz、20Hz、30Hz、40Hz、50Hz 時，變頻器輸出側和變壓器輸入側電流波形，要求示波器顯示電流有效值；
- 在馬達允許運行的最低轉速以下運轉時，要求用戶方安排人員隨時注意監測馬達溫升。
- 測量馬達軸溫；
- 變頻器運行過程中，測試並記錄單元櫃進風口溫度；
- 帶馬達空載連續運行 1 小時。

6.3.7 帶馬達負載測試

安全注意事項：

- 1、變頻器帶馬達空載測試合格後方可進行變頻器帶馬達負載測試；
- 2、禁止變頻器一次電源送電後拉合隔離開關；
- 3、所有專案的測試過程中，測試人員必須佩戴安全帽、帶絕緣手套和穿絕緣鞋；
- 4、所有專案的測試過程中，測試人員必須衣冠整潔，禁止穿短袖、短褲，佩戴

鑰匙、手機、手錶，裝飾品及其它金屬製品；

5、在進行馬達與負載連接，測量儀器連接時，必須保證變頻器一次電源開關處於掉電狀態，且各單元處於非工作狀態。

(1) 帶馬達負載測試流程

連接馬達→馬達與負載連接→測量儀器連接→檢查確認→低壓 AC380V 控制電源送電→變頻就緒→變頻器一次電源送電→運行→電壓、電流波形檢測→停機→分斷變頻器一次電源開關→低壓 AC380V 控制電源掉電

(2) 帶馬達負載測試內容

- 變頻器採用本地控制方式運行，用示波器和電流探頭，觀測並記錄：10Hz、20Hz、30Hz、40Hz、50Hz 時，變頻器輸出側和變壓器輸入側電流波形，以及三個方向馬達的振動值；
- 在馬達允許運行的最低轉速以下運轉時，要求用戶方安排人員隨時注意監測馬達溫升；
- 在馬達允許運行的最低轉速以下運轉時，要求用戶方安排人員隨時注意監測馬達溫升；
- 馬達三相振動；
- 監測馬達軸溫；
- 變頻器運行過程中，測試並記錄單元櫃進風口溫度；
- 帶馬達負載連續運行 2 小時。

6.3.8 投運測試

安全注意事項：

- 1、變頻器帶馬達負載測試合格後方可進行變頻器投運測試；
- 2、禁止變頻器一次電源送電後拉合隔離開關；
- 3、所有專案的測試過程中，服務人員必須佩戴安全帽、帶絕緣手套和穿絕緣靴；
- 4、所有專案的測試過程中，服務人員必須衣冠整潔，禁止穿短袖、短褲，佩戴鑰匙、手機、手錶，裝飾品及其它金屬製品；

(1) 投運測試流程

按用戶操作規程操作

(2) 投運測試內容

- 馬達三相振動
- 監測馬達軸溫
- 運行頻率、電流
- 環境溫度
- 變壓器溫度
- 櫃體出風口溫度
- 變頻器投入用戶生產系統連續運行 72 小時。

第七章 故障處理及系統維護

7.1 故障分類

MV510 系列變頻器具有完善的故障監控和保護功能，故障分為重故障和輕故障（報警）兩大類。當發生故障時變頻器首先根據故障類型進行相應的處理，同時向觸摸屏和 DCS 遠方控制系統發出故障信號，並在觸摸屏上顯示具體的發生時間和故障內容，變頻器故障分類及處理見下表。

MV510 系列變頻器具有完善的故障診斷、定位和處理功能，對系統所能發生的故障進行分類，按輕重緩急程度分別進行不同的處理，同時即時輸出故障類型、故障報文、故障發生時間，並保存歷史故障記錄，故障分類及處理見下表。

表 7-1 變頻器故障分類及處理

類型	系統處理動作
一級故障 (報警)	(1) 控制櫃面壁報警指示燈常亮 (2) 變頻器繼續運行或旁通降額運行 (3) 在觸摸屏上顯示報警發生時間和內容
二級故障	(1) 控制櫃面板故障指示燈常亮 (2) 封鎖變頻器輸出 (3) 馬達自由停車 (4) 在觸摸屏上顯示重故障發生時間和內容
三級故障	(1) 控制櫃面板故障指示燈常亮 (2) 封鎖變頻器輸出 (3) 變頻器給出高壓分閘信號 (4) 馬達自由停車 (5) 在觸摸屏上顯示重故障發生時間和內容

下面分別介紹常見系統故障以及發生故障的原因和應採取的相應措施。運行人員在發現系統故障時，應儘快安排時間排除相應故障，以確保系統正常的

工作，並請及時通知我公司，我公司一定會儘快協助貴公司儘快找到故障原因，使變頻器恢復正常運行。

表 7-2 變頻器一級故障

序號	故障名稱	現象	故障原因及措施
1	用戶側控制電源掉電	HMI 顯示“用戶側控制電源掉電”，變頻器繼續運行	原因： 控制電源的主電源失電或出現故障 措施： 檢查控制電源的主電源進線
2	冷卻風機電源故障	HMI 顯示“風機電源故障”，變頻器繼續運行	原因： 風機電源開關因故斷開或未合 措施： 檢查冷卻風機狀態及其電源開關位置，檢查風機線路是否有短路現象
3	變壓器超溫報警 (110℃)	HMI 顯示“變壓器超溫報警”，變頻器繼續運行	原因： 變壓器櫃內溫度超高 措施： 檢查變壓器冷卻風扇、室內的空調是否正常、變頻器室的環境溫度是否達標以及輸入電流是否正常
4	單元報警	HMI 顯示“XX 單元 XXXX 故障”，變頻器繼續運行	原因： 根據 HMI 上的故障描述，查找故障原因，“母線欠壓”表示單元母線電壓低於保護值；“單元過熱”表示單元溫度超過保護值 措施： 故障發生的類型找到故障原因，並儘快找時間更換單元
5	DSP-PLC 通信故障	HMI 顯示“DSP-PLC 通信故障”變頻器繼續運行，只是觸摸屏內容不再刷新	原因： 主控系統與 PLC 之間的通訊不正常 措施： 檢查觸摸屏到主控箱的

			信電纜
6	模擬信號斷線	HMI 顯示“模擬信號斷線” 變頻器繼續運行	原因： 變頻器檢測不到 DCS 給定的頻率值 措施： 檢查 DCS 的頻率給定信號線是否正常

表 7-3 變頻器二級故障

序號	故障名稱	現象	故障原因及措施
1	硬體過流	HMI 顯示“硬體過流”， 變頻器故障封鎖	原因： 輸出電流超過額定電流的 2.5 倍。 措施： 檢查過流的原因
2	輸出過流	HMI 顯示“輸出（或輸入）過流”，變頻器故障封鎖	原因： 輸出（或輸入）電流超過額定電流的 1.5 倍 措施： 檢查過流的原因
3	系統超載	HMI 顯示“系統超載”， 變頻器故障封鎖	原因： 馬達的電流按照額定電流的 1.2 倍，1 分鐘進行定時保護 措施： 檢查超載的原因
4	系統過熱	HMI 顯示“系統過熱”， 變頻器故障封鎖	原因： 馬達的電流按照額定電流的 1.1 倍，10 分鐘進行反時限保護 措施： 檢查過熱的原因
5	單元故障	HMI 顯示“XX 單元 XXXX 故障”，變頻器 故障封鎖	原因： 根據 HMI 上的故障描述， 查找故障原因，“母線過壓”表示單元母線電壓超過保護值，“逆變故障”表示 IGBT 故障，“輸入缺相”表示單元三相輸入電源故障。“上行（下行）通

			<p>訊故障”表示故障單元與主控系統通訊中斷</p> <p>措施：檢查故障發生的類型找到故障原因，並儘快找時間更換單元</p>
--	--	--	------------------------------------------------------------------------

表 7-4 變頻器三級故障

序號	故障名稱	現象	故障原因及措施
1	運行中高壓失電	HMI 顯示“運行中高壓失電”，變頻器故障封鎖，切斷高壓電源	<p>原因：變頻器檢測到高壓異常失電</p> <p>措施：檢查高壓失電原因，檢查接入變頻器的高壓斷路器、真空接觸器工作是否正常</p>
2	櫃門連鎖	HMI 顯示“櫃門未合”，變頻器故障封鎖，切斷高壓電源	<p>原因：櫃門行程開關與櫃門未壓緊</p> <p>措施：檢查櫃門是否打開或行程開關電氣功能是否正常</p>
3	變壓器超溫故障 (130℃)	HMI 顯示“變壓器超溫故障”，變頻器故障封鎖，切斷高壓電源	<p>原因：變壓器櫃內溫度高於保護溫度跳閘值</p> <p>措施：檢查變壓器冷卻風扇、室內的空調是否正常、變頻器室的環境溫度是否達標以及變頻器是否長期處於超載狀態</p>
4	緊急停車	HMI 顯示“緊急停車”變頻器故障封鎖，切斷高壓電源	<p>原因：人為按下急停按鈕</p>

7.2 系統維護

由於使用環境的溫度、濕度、酸鹼度、粉塵、振動等因素的影響，以及變頻器內部器件的老化、磨損等諸多原因，都有可能導致變頻器存在故障隱患。因此，在使用過程中必須對整個變頻器系統進行日常檢查，並定期進行保養和維護。

7.2.1 安全資訊

- (1) 維護人員必須接受培訓，熟悉本裝置的結構，並掌握實際運行知識。
- (2) 只有通過上述培訓的人員才允許運行和維修本變頻器
- (3) 只有在保證變頻器輸入高壓真空開關斷開，並且不存在高溫時，才能接觸變頻器櫃內部件。
- (4) 維護時必須遵守高壓操作規程，如戴絕緣手套、穿絕緣鞋、戴安全眼鏡；工作時必須有其他人在場進行監護。
- (5) 必須安裝安全防護欄(標有高壓危險)；使用中不得將其移走。
- (6) 禁止把易燃材料(包括設備圖紙和操作手冊)放在變頻器旁。
- (7) 在處理或測量變頻器內部件時要十分小心，注意不要讓儀錶引線相互短接或接觸其他端子。
- (8) 為保證人身安全，禁止在櫃門打開的情況下運行變頻器。
- (9) 在搬運變頻器功率單元時注意小心輕放。
- (10) 功率單元必須存放在庫房貨架內；如果條件特殊需短時間存放在地面，必須保證地面乾燥、平整。
- (11) 更換部件是排除故障最好的方法，但必須弄清楚新換部件應與原部件型號、規格一致。
- (12) 更換變頻器功率單元必須在變頻器高壓停電超過 5 分鐘後才能進行。
- (13) 變頻器功率單元維護需特殊儀器，功率單元內部無用戶可維護部分，禁止打開。進一步的維修應移交我公司工程部進行處理。
- (14) 變頻器功率單元故障後，請您即時通知我公司工程技術部。

7.2.2 維護準則

7.2.2.1 變頻器投運前期

- (1) 用帶塑膠吸嘴的吸塵器徹底清潔變頻器櫃內、外，保證設備周圍無過量的塵埃。
- (2) 變頻室的通風、照明應保持良好，通風設備能夠正常運轉。
- (3) 檢查變頻器內部電纜間的連接應正確、可靠。
- (4) 檢查變頻器櫃內所有接地應可靠，接地點無生鏽。
- (5) 檢查變頻器旁通櫃隔離開關的操作應正常，能正確合閘和分斷。
- (6) 變頻器 72 小時試運行完成驗收後，應重新緊固變頻器內部電纜的連接各螺母。
- (7) 半年內應再緊固一次變頻器內部電纜的連接各螺母。
- (8) 半年後每六個月緊固一次變頻器內部電纜的連接各螺母。

7.2.2.2 變頻器運行中

在變頻器的正常運行中，應做好保養工作，以保證運行環境良好；通過日常保養和檢查，可以及時發現各種異常情況，及時查明異常原因，並及時解決故障隱患，保證設備正常運行，延長變頻器使用壽命。

- (1) 認真監視並記錄變頻器觸摸屏上的各顯示參數，發現異常應即時反映。
- (2) 認真監視並記錄變頻室的環境溫度，環境溫度不能超過 40℃。
- (3) 變頻器櫃門上的過濾網通常每週應清掃一次；如工作環境灰塵較多，清掃間隔還應根據實際情況縮短。
- (4) 在變頻器運行過程中，一張標準厚度的筆記本紙應能吸附在櫃門進風口過濾網上。
- (5) 變頻室必須保持乾淨，應根據現場實際情況隨時清掃。
- (6) 變頻室的通風、照明必須良好，通風設備能夠正常運轉。
- (7) 變頻器功率單元櫃出風口溫度不能超過 50℃。
- (8) 檢查變頻器系統冷卻風機的運轉情況，一旦發現變頻器或輸入變壓器風扇停轉，請通知專業人員進行維修。

(9) 檢查整流變壓器的溫升情況，一旦發現整流變壓器溫度超過 120°C 時，請通知專業人員進行維修。

(10) 檢查裝置整體是否有異常振動、異常聲音和異常氣味。

附錄：變頻器檢查專案一覽表

檢查位置	檢查專案
周圍環境	確認環境溫度、濕度、振動，空氣中有無灰塵、氣體、油霧、水滴等，周圍有沒有放置工具等異物、危險品。
電壓	主電路、控制電路電壓是否正常。
觸摸屏	觸摸屏顯示是否清楚，是否缺少字元； 有無異常聲音或異常振動，螺栓是否鬆動，有無變形損傷，有無過熱造成的變色，有無粘著灰塵、汙損。
整體	螺栓是否鬆動或脫落，機器、絕緣體有無變形、裂紋、破損或因過熱的老化變色，有無附著灰塵、汙損。
主電路	導體有無因過熱造成的變色，是否偏斜，電線外皮是否破損或變色、有無損傷。
移相變壓器	有無異常的鳴叫或怪味。
控制電路	螺絲類、接插件是否鬆動，是否有怪味、變色，是否有裂紋、破損、變形或顯著生銹。
冷卻系統	有無異常聲音或異常振動，螺栓類是否有鬆動，有無因過熱而出現的變色，散熱器的進排氣口的間隙是否堵塞或附有異物。

