

## TES 直流充電控制器 - 工作原理說明

### 前言

本控制器旨在為 TES-0D-02-01 標準的電動機車，提供一個高度可配置、高功率的直流充電解決方案。它的核心是模擬一個標準充電樁的行為，與您的車輛的電池管理系統 (BMS) 進行「交握」，以實現充電。為了幫助您更好地理解和使用本套件，以下將簡述其工作原理及現階段的功能限制。

### 一、TES 充電的「對話」基礎：CP 與 CAN

電動機車的充電過程，依賴於車輛與充電樁之間的持續溝通，主要通過兩條線路：

1. **CP (Control Pilot) 控制導引線**：一條簡單的類比信號線。充電樁透過它來感知「車輛是否插入」，車輛也透過它來告知「我已準備好」。
2. **CAN Bus 通訊總線**：一條高速的數位通訊線。在充電過程中，車輛的 BMS 會透過它，像發送訊息一樣，持續地告訴充電樁：「我現在需要多少安培 (A) 的電流」。

### 二、本控制器是如何「扮演」充電樁的？

本控制器，其核心任務就是精確地扮演「充電樁」的角色，與您的車輛 BMS 進行交握。

1. **啟動交握**：當您連接車輛並按下開始充電後，本控制器會提供 **12V VP** 輔助電源喚醒車輛 BMS，並開始與 BMS 進行 CAN Bus 通訊以及讀取 CP 電壓訊號，完成初始的安全握手流程。
2. **充電時間估算方式**：
  1. **數據來源**：車輛回報的\*\*「最大充電時間」\*\*。這個時間是 BMS 根據當前電池狀態（電壓、溫度、SOC 等）動態估算出的總充電時長。
  2. **計算方式**：  
控制器內部有一個精確的計時器，從充電開始時（直流接觸器閉合）計時，記錄\*\*「已充電時間」\*\*。

剩餘時間的計算公式為：剩餘時間 = BMS 提供的最大充電時間 - 控制器記錄的已充電時間。

### 3. 電流控制的實現方式（重要！請理解其限制）：

- 「我是如何控制車輛充電電流的？」
  - 在充電開始前，本控制器會透過 CAN Bus，向車輛 BMS 宣告一個\*\*「最大可供應電流」\*\*。這個值，就是您在控制器設定中（或 Web UI 上）設定的「Max Current」\*\*。
  - 例如，如果您設定了 **30A**，控制器就會告訴 BMS：「我最多只能給你 **30A**」。
  - 車輛 BMS 在收到這個「能力上限」後，它在整個充電過

程中，請求的電流就永远不会超过 30A。

- 「充電樁的電源供應器 (例如『大炮』電源) 需要如何配合？」
  - 您必須手動將您的電源供應器的「電流輸出」，設定為與本控制器「Max Current」完全相同的值！
  - 例如，控制器設定 30A，您的「大炮」電源也必須設定為 30A。

#### 4. 充電過程中的電流回報：

- 在充電過程中，車輛 BMS 會持續發送它當前期望的充電電流 (例如 30A)。
- 本控制器的韌體會讀取這個期望值，並將其\*\*直接當作「實際輸出電流」\*\*回報給 BMS，就像在說：「好的，我已經收到了你 30A 的請求，並且正在提供 30A」。
- 因此，電源的電流設定必須與車輛的期望值相匹配，以確保通訊的有效性。

### 三、現階段的功能與局限性 (請務必了解)

- 優勢：
    - 高功率充電：您可以搭配高性能的電源供應器，實現遠超原廠的充電速度。
    - 高度可配置：您可以自由設定最大充電電流和目標 SOC。
    - 智慧化：提供 OLED 顯示、Web 遠端監控、OTA 韌體更新等原廠沒有的功能。
  - 局限性：
    - 充電時間準確性依賴於您車輛 BMS 的估算能力。
    - 無法自動調整電流：本控制器無法在充電過程中，動態地、自動地調整您外接電源供應器的電流輸出。
    - 使用場景：如果車輛 BMS 在充電中途，請求的電流低於您設定的上限 (例如，從 30A 降到 15A)，而您的電源仍然持續輸出 30A，充電會在幾秒內因「電流差異異常」而停止。
    - 操作流程：當需要降低充電電流時 (例如從 30A 降至 15A)，您必須：
      1. 手動停止充電。
      2. 在您的電源供應器上，將電流上限改為 15A。
      3. 在本控制器上，將「Max Current」也改為 15A。
      4. 重新開始充電。
    - 結論：本產品在現階段，是一個功能強大的\*\*「手動擋」\*\*高性能充電器。它提供了高功率充電的能力，但需要使用者對充電過程有更多的了解和手動介入。
-

#### 四、 附錄：TES-0D-02-01 交握時序與數據詳解 (技術細節)

本節內容旨在為高階用戶和開發者，提供更深入的技術細節，解釋本控制器是如何精確模擬充電樁行為的。

##### 1. 交握時序 (Simplified Sequence)

步驟	觸發動作	物理信號 (CP)	CAN Bus 通訊 (車 -> 樁)	CAN Bus 通訊 (樁 -> 車)	控制器動作
1	按下開始充電	電壓變化	-	-	啟動 VP (12V)
2	BMS 喚醒	維持電壓	#500, #501 發送 (請求參數)	-	接收車輛參數
3	參數確認	維持電壓	#500, #501 持續發送	#508, #509 發送 (樁能力)	比較參數，發送自身能力
4	BMS 許可	電壓再次變化	#500 中「允許充電」旗標設為 1	#508, #509 持續發送	檢測到雙重許可
5	開始充電	維持電壓	#500 持續發送 (動態電流指令)	#509 持續發送 (回報電壓/電流)	閉合直流接觸器，開始供電
6	充電結束	電壓恢復	#500 中「允許充電」旗標設為 0	#508 中「停止控制」旗標設為 1	斷開直流接觸器，停止供電

## 2. 關鍵 CAN 訊息與本控制器的模擬值 來自車輛的關鍵訊息 (控制器讀取)

- **ID: 0x500 (車輛狀態)**
  - 充電電流命令 (Byte 2, 3) : BMS 期望的充電電流，單位 0.1A。這是控制器追隨的目標。
  - 充電電壓上限 (Byte 4, 5) : BMS 允許的最高充電電壓，單位 0.1V。
  - 允許充電旗標 (Byte 1, bit 0) : 充電的「軟開關」。
  - 充電前停止旗標 (Byte 1, bit 3) : BMS 在充電前停止的信號。
- **ID: 0x501 (車輛參數)**
  - 當前 SOC (Byte 1) : 電池電量百分比。
  - 最大充電時間 (Byte 2, 3) : BMS 估算的總充電時間 (分鐘)。

## 本控制器發送的關鍵訊息 (模擬值設定)

- **ID: 0x508 (充電樁狀態)**
  - 可輸出電壓 (Byte 2, 3) : 控制器會回報您在設定中儲存的最大電壓值，單位 0.1V。
  - 可輸出電流 (Byte 4, 5) : 控制器會回報您在設定中儲存的「Max Current」，單位 0.1A。這是告訴 BMS「我的能力上限」的關鍵參數。
  - 充電樁停止控制旗標 (Byte 1, bit 0) : 當充電結束或出錯時，控制器會將此旗標設為 1，通知 BMS。
- **ID: 0x509 (充電樁參數)**
  - 實際輸出電壓 (Byte 2, 3) : 控制器會讀取 ADC 的電壓測量值。
  - 實際輸出電流 (Byte 4, 5) : 控制器不會實際測量電流，而是將從 #500 中讀取到的「BMS 充電電流命令」，直接作為「實際輸出電流」回報給 BMS。這就是為什麼您的電源供應器設定必須與 BMS 的請求相匹配的原因。

透過對以上時序和數據的精確模擬，本控制器得以在 TES-0D-02-01 標準框架下，實現與各種車輛的兼容充電。