

## 出廠測試規範

版本:3.4 | 日期:2026-08-28 | 韌體版本:6.0.83 (基線) 來源 PRD: docs/prd/prd-factory-test.md (內部文件,未公開) v1.2 (結構基線) + 本文  
件 v2.1 增量 (依 6.0.8 源碼/實機核校) 操作手冊:guide-user-operation-manual.md

#### v2.9 修訂摘要 (2026-08-26,完整重跑驗收流程後):

- 新增 **RG.7**(WI-206:Parser「值類型」下拉的 option value 必須對得上韌體 `ParserValueType`)。該缺陷是走情境 M.3 時抓到的:選「數值」實際會得到布林,任何非零數字變成 `1.0`。RG.7 必須斷言 UI 的 option value —— 只用 API 送 `parserType:1` 驗「韌體會給數值」是抓不到的 (韌體本來就對,錯的是前端綁定)。
- 韌體基線 **6.0.72 → 6.0.74**(WI-206 + WI-197)。
- 全流程重跑結果: `test:gate` 35/35、`test:regression` 7/7。

#### v2.8 修訂摘要 (2026-08-26,六張卡修完並實機驗證):

- `test:regression` 全數通過,已納入 `test:gate:full` —— WI-199/200/202/203/205 五個缺陷 已修並經「先紅後綠」驗證(修正前紅、修正後綠,同一台設備同一支測試); WI-201 經查是誤判(WI-170 的寫入佇列早就處理了),已大幅更正該卡。
- 韌體基線 **6.0.69 → 6.0.72**,經 LAN `.mesb` OTA 上機, `test:gate` 35/35。
- 新增 **RG.6**(WI-205:被拒絕的規則 POST 不得毀掉既有規則)。
- 順帶修好一個從沒被測到的舊 bug: `modbusTcpWriteD0` 的擴充分支對區域副本取址轉型, **Modbus TCP 寫擴充輸出一直沒有作用**;已與規則引擎統一用 `getExpansionPtr`。

#### v2.7 修訂摘要 (2026-08-26,與驗收走查對齊):

- 新增 `npm run test:regression` (**RG.1–RG.5**) —— 驗收走查挖到五個缺陷,既有閘門一個都沒攔到。這五項是它們的回歸,目前預期紅燈,修好前不列入出貨門檻。
- 修正一個實驗證明的閘門盲點: 2B 原本只斷言「TCP 通道」標題可見,注入 WI-202 的壞值(整份 TCP IO 設定在網頁上消失)後仍 **6/6 全綠**。已改為比對「設備上有幾個通道」與「畫面上列出幾個」。
- 環境預設值對齊: `factory-env.js` 的 `DUT_URL` 改 `.77` (有線)、`EXPECT_FW` 改 `6.0.69`; `package.json` 內的舊值一併更新。
- **ST.2 改為非破壞性**:原本寫死 `index: 7`,設備規則數  $\geq 8$  時會覆蓋現場既有規則 —— 2026-08-26 實際毀掉一條 `A2-MQTT亮`。已改用「附加位置」(`ruleCount`)。該次紅燈同時揭露韌體缺陷 **WI-205**(回 400 卻仍寫入且不回滾),已補 **RG.6** 回歸。
- 測試設定來源收斂:先前 6 支 spec 各自寫死 `DUT_URL` 預設(3 支 `.46`、3 支 `.77`), `factory-v6` 的 `EXPECT_FW` 還停在 `6.0.8` —— 文件卻宣稱「換設備只改一個檔」。已全部改為從 `factory-env.js` 取值,那句承諾現在才是真的。
- 已知未處理: `package.json` 有 4 處明文 broker 密碼(見 WI-204,交付優先暫緩)。

#### v2.6 修訂摘要 (2026-08-20,交付定案版):

- 測項與腳本對齊(文件先前寫錯): `test:converter` 是 5 項 + `afterAll` 收尾(CV.9 是清理不是測項); `test:enable` 是 7 項,EN.5(停用 RS485 設備)已從腳本移除 —— 該卡片在畫面上只有「刪除」沒有停用開關,測一個使用者碰不到的控制項沒有意義;新增 **EN.8**(停用 Config Server 總開關)。
- 新增章節「本批韌性修正:閘門測不到的那些」:WI-175/180/181/182/183/189 六項,列出各自「為什麼會壞」與「怎麼驗的」。這張表的用途是改到那塊之前先讀,不是測試清單。
- 新增 `npm run test:gate:full`:唯讀閘門 + 三支會改動設備狀態的套件一次跑完(交機前用)。`test:gate` 維持唯讀語意不變(OTA 後、現場都能安全跑)。
- 本文件已發佈到雲端文件中心 `/docs/factory-test.html`。

#### v2.1 修訂摘要 (2026-07-16,韌體 6.0.4 → 6.0.8 對齊 + 源碼核校修正):

- 韌體基線 **6.0.4 → 6.0.8**:全文版斷言改 `v6.0.8`;新增 v6.0.5~6.0.8 能力。
- 新增自動化套件 `web/tests/factory-v6.spec.js` (13 tests,純 HTTP 唯讀契約):Phase 0 機型身分 + Phase 6B 遠端診斷 + Phase 2E.6a MQTT 測試契約 + Phase 2E.6b namespace 欄位; `npm run test:factory:v6`。已對實機 8320(6.0.8)全綠。
- 🚩 源碼核校修正欄位名(舊文件錯,自動化已抓出):

- `/api/diag` 實際欄位 = `resetReason` (非 `bootReason`)、`bootDetail`、`prevResetReason`、`bootCount`、`prevUptimeSec` (非 `prevUptime`)、`uptimeSec`、`rawRsr`、`fwVersion`。
  - `/api/system` `boardModel` 值 = 字串 `"Opta RS485 (8310)"` / `"Opta WiFi (8320)"` (非 `"8310"` / `"8320"`)；`hasWifi` 為 boolean；兩者一致。
  - `mac` 在 `/api/config` (非 `/api/system`)，格式為冒號大寫(如 `A8:61:0A:50:8B:61`)；對外 topic 12-hex 身分 = 去冒號轉小寫。
- **SF965 原生解碼(6.0.8)**：H3 新增 `VAR_SF965_PV` (dataType=8) 手動驗證列(需 SF965 硬體；PV@addr4 高 3 byte=值、低 byte=小數點)。
  - **離線來源不發假 0(6.0.7)**：Phase 4 新增 H3-B3(converter 引用離線 RS485 來源 → 整筆跳過發佈,不送假 0 誤導 MES)。

**v2.0 修訂摘要 (2026-07-02, 韌體 5.9.45 → 6.0.4 對齊)：**

- **韌體基線 5.9.45 → 6.0.4**：全文版號斷言改 `v6.0.4`；Phase 0 讀 `boardModel` / `hasWifi` / `mac`。
- **機型維度 (8310 / 8320) 新增**：變體識別從單一「網路變體」擴為 **機型 × 網路** 二維 (8310 無 WiFi / 8320 有 WiFi)，來源 = OTP `boardInfo().wifi`。新增 **Phase 4 H8 機型感知 UI 過濾 + 心跳燈** (8310 隱藏 WiFi 欄位 + 琥珀燈；8320 露 WiFi + 藍燈)。
- **WI-155 平台化 (6.0.0)**：新增 **Phase 2E MQTT 命名空間** (`projectName` + `env` → `{proj}-{env}/gateway/{mac}`)，留空 = legacy) 與 **MAC 軟體覆寫 + 90s 試用回退** 驗證。
- **遠端診斷 (6.0.1)**：新增 **Phase 6B 遠端維運健檢** —— `/api/log` 網頁 Serial Log (`/log.html`) + `/api/diag` 開機原因 (BKPSRAM intent 標記) + 密碼遮罩不外洩。
- **RS485 slaveId 持久化 (6.0.2)**：H3 新增 **同型號多台防串台** 驗證 (各設不同 `slaveId` ≤ 32，重開機後不退回陣列位置、不串台)。
- **MQTT 測試連線修正 (6.0.4)**：Phase 2E MQTT 測試改 deferred (POST 202 → GET `/api/mqtt/test` 輪詢) + 對已連線同 broker 短路判定；密碼留空 = 用已存密碼。
- **授權撤銷門控 (WI-145)**：Phase 7 補「撤銷後 TCPIO/MQTT 擋、DIO/管理不擋」的門控驗證。
- **MQTT TLS 出廠預設**：`tlsInsecure=true` (業主指定, 不驗 CA) —— Phase 2E 斷言此為出廠預設, 勿改回驗 CA。
- **Web 部署模型**：`index.html` 編進韌體、`app.js` 等 6 資產走 QSPI 熱更 —— 出廠燒錄後首開機須確認網頁完整 (非裸 HTML)。
- 附錄 A 補 `/api/log`、`/api/diag`、`/api/mqtt/test`、`/api/license/token` 端點。

**v1.2 修訂摘要 (2026-05-27)：**

- H3-C 新增 **Step 5 校正引導精靈 chain 驗證** (4 步驟 + 燈號 + 順序強制, v5.9.130+)
- 附錄 A 補 `/api/signals`、`/api/actions`、`/api/converter/template` 端點
- Phase 7 註記 wizard / wdprobe / watchdog 屬 **部署佈建非出廠基線**
- 相關：`spec-mqtt-chain-workflow.md`、`guide-calibration-wizard.md`、`guide-failover-resilience.md`

**v1.1 修訂摘要：**

- 韌體版本對齊：5.9.25 → **5.9.45**
- 治具校正：Expansion 1 → **Expansion 0** (array 從 0 起)；YX523R Slave ID 2 → **4**
- 新增 **MQTT broker fixture** (FR-G E2E 必需) 與 **變體識別** (ethernet/wifi)
- Phase 結構從 05 擴充為 08，補上 OTA、E2E 業務流、出貨前清理、結果輸出
- 各步驟加上 PRD FR-\* 對應 ID + DOM ID 速查表
- 補上 **EEPROM DIP+斷電** 物理步驟 (先前完全漏掉)
- 附錄 C 列 PRD v1.2 已知 UI bug 對工站的影響

01

## ⚡ 先跑自動化開門(v2.2 起,任何改動後都必須執行)

任何韌體或網頁改動之後,先跑這一道再談其他。它是唯讀的(不改設備設定), 交機前、OTA 後都能安全執行:

```
cd web
DUT_URL=http://<設備IP> EXPECT_FW=<版本> npm run test:gate
```

涵蓋 35 項:頁面渲染(2A-2F)、v6 能力契約、穩定性與持久化(ST\*)。全數通過才算通過 —— 任何一項紅燈都代表出貨品質有缺口。

另有三支會改動設備狀態、不在閘門內、交機前各跑一次:

```
npm run test:converter # * MQTT Converter 鏈路(產品主幹),素材自建自清,約 3 分鐘
npm run test:enable    # 啟用/停用機制(△ 見下方說明,目前不作為出貨門檻)
npm run test:backup    # * 雲端備份/還原閉環(會讓設備重開一次),約 2 分鐘
npm run test:persist   # 真的重開設備,驗設定與統計跨重開存活(約 1 分鐘)
npm run test:factory   # 完整功能測(含 MQTT 佈建,會寫入設定)
```

驗收走查回歸(`npm run test:regression`,RG.1-RG.8)—— 全數通過,已納入出貨門檻

2026-08-25/26 照著驗收單實機走了一遍,挖到五個缺陷。既有出廠閘門一個都沒攔到,而且不是「剛好沒測到」,是測試的形狀不對 —— 既有測項驗的是「東西在不在、頁面開不開」,五個缺陷全部落在「內容對不對、值有沒有真的寫進去」。

最直接的證據:把 WI-202 的壞值注回設備(整份 TCP IO 設定在網頁上消失、顯示「尚無 TCP IO 通道」),`factory-pages` 依然 6/6 全綠。閘門對它完全無感。

```
cd web
DUT_URL=http://<設備IP> npm run test:regression
```

| 測項   | 對應卡              | 驗什麼                                                                                                                                                                  | 預設                                       |
|------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| RG.1 | WI-202           | 字串欄位含 " \ 時,各 GET 端點仍須回合法 JSON,且值讀回不得被截斷                                                                                                                             | 執行                                       |
| RG.2 | WI-199           | 網頁上連續快速新增兩條規則,兩條都要在(必須走瀏覽器 —— 缺陷在前端算 index 的邏輯,直接打 API 碰不到)                                                                                                          | 執行                                       |
| RG.3 | WI-170/WI-201    | 網頁上連續改多個通道名稱,全部都要寫入(守 WI-170 的寫入佇列還在)                                                                                                                                | 執行                                       |
| RG.4 | WI-200           | <code>POST /api/io/do</code> 要能驅動擴充板輸出                                                                                                                               | 執行                                       |
| RG.5 | WI-203           | 存 Converter 模板後立刻重開,長度須與模板一致                                                                                                                                         | 略過(需<br><code>RG_ALLOW_REBOOT=1</code> ) |
| RG.6 | WI-205           | 被拒絕(400)的規則 POST 不得毀掉既有規則,也不得留下啟用中的死規則                                                                                                                               | 執行                                       |
| RG.7 | WI-206           | Parser「值類型」下拉的 option value 必須對得上韌體列舉(選「數值」不能拿到布林)—— 斷言 UI 的 option value,不是 API 回值                                                                                  | 執行(需 MQTT 憑證)                            |
| RG.8 | WI-208 / WI-208b | 主迴圈不得被授權處理凍結 —— 兩條斷言:① 安定後 300 秒內 <code>[WI-208] gate 重驗</code> 須為 0 次;② 同一窗內 <code>net</code> 段不得有任何超過 1 秒的卡頓。窗長 300 秒是為了蓋過雲端心跳的 127 秒週期(至少 2 次),否則 WI-208b 那條路徑抓不到 | 執行(約 5 分)                                |

只有 RG.5 預設略過(它會重開設備,要跑帶 `RG_ALLOW_REBOOT=1` ;已實測通過)。

⚠️ **2026-08-27: RG.7 在此之前從來沒有真的執行過。** `package.json` 的 `test:regression` 是**唯一沒帶 MQTT 環境變數**的腳本 (旁邊四個都有),RG.7 因此每次都靜默 `skip` —— 報表顯示「6 passed」,看起來很健康。已補齊環境變數,現在會真的跑。

**教訓:** `skipped` 不是中性的。一個永遠跳過的測項,和沒有這個測項是一樣的,但它在報表上長得像有在守。看回歸結果時要**同時看 skipped 的數量與原因**。

⚠️ **2026-08-28: RG.7 在整套連跑時偶發假紅燈,已修測試方法。** 單獨跑綠、`RG.5+RG.6+RG.7` 最小組合也綠,只有整套跑會紅 —— 而整套跑到 RG.7 時 設備剛經歷 RG.5 的重開加一輪負載。原本的寫法是「建通道 → 固定等 2.5 秒 → 發一次 → 固定等 5 秒 → 讀一次」。**MQTT 對「訂閱之前就發出的訊息」沒有補送** —— 設備若還沒訂好新通道的 topic,那則訊息就永遠消失,測試必紅。

已改為**週期重發 + 輪詢讀回**(45 秒內每三輪重發一次)。這個教訓 `acceptance_run.py` 早就記過(「通道剛建好時設備可能還沒訂閱」),RG.7 沒套用。

**誠實記一筆:**那次的錯誤訊息因為輸出被 `grep` 過濾而遺失,根因是**從程式碼推斷**、不是從錯誤訊息實證。修正本身站得住(移除的是本檔已咬過兩次的同一類問題),但若日後 RG.7 再紅,不要假設就是這個原因。

**教訓:**跑長時間測試套件時,不要用 `grep` 過濾輸出 —— 失敗細節只有一次機會保留。

⚠️ **RG.2 / RG.3 必須走瀏覽器,不能用 API 並發代替。** 這兩個缺陷都在前端 (`saveRule` 算 index 的邏輯、`saveIoName` 走 WI-170 的寫入佇列),直接打 API 測到的是我們自己的測試碼,不是產品。初版就是這樣寫的:RG.2 一次就綠(bug 還在)、RG.3 則「測出」一個其實不存在的缺陷(WI-201 因此大幅更正)。

**2026-08-27 追加 RG.8 (WI-208)。** 業主人工驗收時回報「藍色呼吸燈會卡住,卡住的時候按鈕就延遲、甚至沒反應」—— 量出主迴圈有 **6.8% 的時間完全凍結**,真兇是授權門控每 30 秒重驗一次簽章(663ms)。改為到期驅動後降到約 0.8%。

**這一項有實測的鑑別力,不是推論:**修正的第一版(v6.0.76)把 `expiresAt==0` 誤當成「1970 年就過期」,快取完全沒生效 —— 同樣的 200 秒觀測窗裡 `gate` 重驗 出現 8 次。RG.8 的判準當時會紅。

**2026-08-27 更新:七項全綠(RG.5 另以 `RG_ALLOW_REBOOT=1` 單獨驗過)。** 這一輪另外修掉兩個**測試自身**的問題,兩個都會產生假紅燈: ① RG.2/RG.3 用固定 4 秒等 `window.nav` 備妥 —— 單獨跑夠,整套跑時設備有負載就不夠(實測單獨 2 秒即備妥、整套跑時逾時)。已改為輪詢至函式真的存在。② RG.3 用譯文 `/儲存中|Saving/` 判斷寫入佇列是否忙碌,但徽章實際顯示「 bH 1」—— `io.saving` 這個 i18n 鍵三個語系檔全缺(WI-207),`t()` 查不到時回傳鍵本身,讓 `|| "儲存中"` 變成死碼。判斷失效 → 提早讀取 → 假紅燈。已改為比對不會被翻譯的 ``。

**2026-08-26 更新:六張卡全部修好,這一組已全綠。** 每一項都經過「先紅後綠」—— 修正前該測項紅、修正後綠,同一台設備、同一支測試。韌體 v6.0.72 經 LAN `.mesb` OTA 上機驗證, `test:gate` 35/35、`test:regression` 6/6。已納入 `test:gate:full`,現在它真的有在守。

**`test:converter` 是最該跑的一支。** 業主買的就是「MQTT 進來能驅動輸出、量測值能定時送出去」—— 頁面全部正常但這條鍵斷掉,設備等於沒有用。它會自建 `CV-*` 前綴的素材、測完自己刪光,並以「素材必須清乾淨」作為最後一項斷言。

## 閘門守著的「已知會壞的那幾類」(逐項對應真實事故)

| 測項          | 守的是什麼                               | 來源事故                                       |
|-------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| ST.0 / ST.9 | 測試期間設備不得重開                          | 功能全對但設備會重開,對業主而言就是壞的                       |
| ST.1        | 連續請求不得連兩次失敗                         | 併發過頭會把閘道器打重開(WI-176)                       |
| ST.2 / ST.3 | 規則不得存成永遠不觸發                         | 下拉未載入就存 → signalId=0(WI-174)               |
| ST.4        | 設定寫入後讀回一致                           | 「回成功但沒進去」的靜默失敗                             |
| ST.5        | 統計/開機計數有落盤                          | 重開後統計歸零(WI-164)                            |
| ST.6        | index.html / app.js / 語系檔三者同版       | 短碼位移 → 全站標籤指到錯字串(WI-172/185b)              |
| ST.7        | WiFi 帳密不得為空                         | 無聲清空 → 重開後失聯(WI-169)                       |
| ST.8        | 救援頁可用、主畫面沒退回救援頁                     | index.html 移到 QSPI 後的發佈陷阱(WI-178)          |
| ST.10       | 欄位名打錯要回 400                         | 靜默照收 → 整合商拿著 success 找三天(WI-179)           |
| ST.11       | TCP 來源的不可能條件要被拒                     | 設了「>50」永遠不成立且無提示(WI-184)                   |
| ST.12       | 改 token 名稱/權限不必連帶換密碼                | 畫面寫「留空＝不變」但兩端都沒實作(WI-188)                  |
| 2F          | 畫面不得殘留 <code>{UID}</code> 這類佔位符     | 該告訴使用者的資訊變成一串符號(WI-185)                    |
| ST.13       | I/O 名稱改了要能存進去                       | 名稱是現場辨識訊號的唯一依據,存不進去整頁沒用                    |
| ST.14       | 現場硬體與環境設定檔相符                        | 換了設備卻沒更新設定檔 → 這裡先紅,不必等功能測莫名失敗才回頭猜          |
| ST.15       | 雲端備份設定完整(有 cloudUrl 就要有 cloudToken) | 還原舊快照會把 token 一起還原成空 → 備份能寫不能讀,而且只壞一半所以難察覺 |

## MQTT Converter 鏈路(`npm run test:converter`, 5 項 + 收尾清理)

| 測項         | 守的是什麼                                                |
|------------|------------------------------------------------------|
| CV.0       | 佈建入向通道 / 輸入群組 / 規則 / 輸出群組(素材自建,不碰現場設定)               |
| CV.1       | 入向 Parser:MQTT JSON 的數值要進到通道                         |
| CV.2       | 端對端:MQTT → 輸入群組 → 規則 → 輸出群組 → 實體 DO                  |
| CV.3       | 出向 Converter:閘門關不發、開了照間隔發                            |
| CV.4       | onChange:值不變只發一次;閘門關再開要補發(v5.9.266 —— 否則使用者重新觸發卻沒反應) |
| (afterAll) | 收尾:本檔建立的素材必須全部清乾淨(留下殘骸就是污染現場設定)                      |

這幾項固化的是 2026-08-18 夜間의完整手動驗證。當時結論只存在於對話裡,下次改動不會有人幫忙擋 —— 這正是「測試樣本要全面覆蓋」的意思。

## 啟用/停用機制(`npm run test:enable`, 7 項)

畫面上到處是啟用/停用的開關,先前一個都沒測。這類機制壞掉的方式特別惡劣:「畫面顯示停用、實際還在動」(業主以為關掉了,機器卻自己跑),或「停用之後再啟用回不來」(現場只能重開機碰運氣)。兩種都不會有錯誤訊息。

| 測項   | 守的是什麼                                         |
|------|-----------------------------------------------|
| EN.0 | 佈建 + 基線:鏈路本身要先是通的(否則「停用後不動」毫無意義)              |
| EN.1 | 停用規則 → 觸發後輸出不動;重新啟用要回得來                       |
| EN.2 | 停用輸入群組 → 規則不觸發(signalSlotUsable 的 fail-safe)  |
| EN.3 | 停用輸出群組 → 規則觸發但輸出不動                            |
| EN.4 | 停用TCP 通道 → 不再接收 MQTT(值凍結);重新啟用要收得到            |
| EN.8 | 停用Config Server 總開關 → 不得再對外推送(業主關掉雲端同步就必須真的停) |
| EN.6 | 停用token → 該憑證不得再通過認證(以為撤銷了、其實還能用 = 安全問題)      |

⚠ **test:enable** 目前不列入出貨門檻。它已經達成目的 —— 2026-08-20 完整跑過 7/7,證實六種停用機制的語意都正確 (停用真的停、重新啟用都回得來)。但**這支測試本身還不夠穩**: 測項之間有順序耦合(前一項的雲端等待會影響後一項的量測)、依賴 MQTT 環境變數(用 `npx playwright -g` 單獨跑會因前綴/密碼未設而失敗)。結論可信,工具待磨。**修穩之前不要拿它當出貨紅綠燈**,否則會訓練人忽略紅燈。| 收尾 | 用 `afterAll` 清素材(**不能寫成最後一個 test**,見下方) |

每一項都**同時驗兩個方向**:停用要真的停、重新啟用要回得來。只驗前者的話,「停用之後就再也回不來」這種更難救的缺陷會漏掉。  
**收尾一定要用 `afterAll` ,不能寫成最後一個 test**。序列模式下只要前面任何一項失敗,後續 test 就不會執行 → 素材殘留 → 下一輪再建一份同名的 → 名稱查找抓到第一份 → 鏈路指向錯的通道 → 之後每一輪都失敗。2026-08-20 實際踩到:一次失敗滾成兩份素材,手動清掉才恢復。一律走「真的送 MQTT、真的看實體 DO」,不看欄位存不存得進去(那是 ST.4 的事)。

## 雲端備份 / 還原閉環(`npm run test:backup` ,4 項)

備份/還原是**所有其他測試的安全網** —— 出廠測試會寫入設定、現場調參數也會出錯,能不能救回來全靠它。它壞掉時最危險的地方是**平常看不出來**:設備→雲端的推送 有自己的授權路徑、照樣 HTTP 200,只有真的要「讀回來」時才發現 401。

| 測項   | 守的是什麼                                   |
|------|-----------------------------------------|
| BK.0 | 雲端設定完整(沒有 token = 能寫不能讀)                |
| BK.1 | 改設定 → 推送 → 雲端 <b>真的</b> 出現新快照(不是只回 200) |
| BK.2 | 還原前一份 → 改動要被還原回去(閉環的關鍵一步)               |
| BK.3 | 還原後雲端連線不得斷掉(否則還原一次就不能再還原 = 自斷後路)        |

寫這幾項時踩了兩個判準錯誤,值得記下來:

- 1. 不能用「快照數量增加」當判準** —— 雲端會裁切舊快照,數量可能不變;要比對最新那份有沒有換人。
- 2. 設定沒變更時推送不會產生新快照,那是正確行為**(內容相同不重複存,實測連推 80 秒都不會多)。所以測試要先真的改一個欄位再推,否則會把正確行為誤判成「回成功但沒發生」。

**維護原則**:每修一個缺陷,就在這裡加一列。出廠測試的價值來自「它涵蓋了已知會壞的東西」,不是「它有很多項」。



## 本批韌性修正: 閘門測不到的那些(v6.0.41 → 6.0.65)

上面的表格是「有自動化守著」的部分。但這批交付還改了一些**自動化測不到、卻直接影響現場可靠度**的行為。列在這裡不是為了完整,是因為下一個人改到這些地方時要知道當初為什麼這樣寫——沒有測試會替他擋。

| 項目          | 改了什麼                                               | 為什麼會壞                                                          | 怎麼驗的                                |
|-------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| WI-175      | QSPI 長時間寫入期間持續餵狗<br>( <code>loopKeepAlive</code> ) | OTA 撞上背景雲端 TLS → 主迴圈被佔住 → 看門狗砍掉升級                              | 實機:雲端握手後 0.6s 觸發 OTA,守衛等 3765ms 後成功 |
| WI-180/180b | 設定存檔原子化:寫暫存 → 驗證 → <b>確認主檔有效才降級為備份</b> → rename    | 舊流程會在主檔還沒驗證前就覆蓋備份,一次斷電兩份全毀                                     | 單元級:刻意寫入半載 JSON,重開後仍載入得到有效設定        |
| WI-181/181b | WiFi 帳密改用 RAM 暫存再落盤                                | <code>beginWifi()</code> 期間 QSPI 未掛載,在那裡讀寫會 <b>永久卡死、只能 DFU</b> | 實機:此路徑曾兩次把 .46 變磚,修正後重開 5 次帳密皆存活    |
| WI-182      | 設定下載先試地端、再試雲端                                      | 地端 config server 不在時整個還原路徑斷掉                                   | 實機:拔掉地端來源仍能從雲端取回                    |
| WI-183/183b | 對外連線硬性總時限 + 雲端卡死自我復原                               | <code>connect()</code> 對黑洞位址可阻塞 <b>5 分鐘以上</b> ,期間整台設備沒有回應      | 黑洞位址實測:確認阻塞>5min,並在對抗性輪詢下觸發自我復原     |
| WI-189      | 分頁切到背景時停掉輪詢與 telemetry                             | 背景分頁持續要資料,排擠掉真正重要的控制迴圈                                         | 見 控制延遲特性 的前後對照                      |

這張表的**維護方式和上面那張不同**。上面那張是「每修一個缺陷加一列測試」; 這張是「**改到這塊之前先讀這一系列**」。如果哪天有辦法替其中一項寫出自動化測試,就把它搬到上面那張表去——那才是真正被守住了。

02

## 🔧 換設備 / 換現場時要改哪裡

測試分成兩類,換環境時**只有第二類需要動**:

| 類別   | 內容                                                 | 換設備要改嗎                                    |
|------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 環境無關 | 契約與穩定性(ST.1~ST.13、2A~2F、V6-*)。這些測項自己建立所需的素材、測完自己清掉 | ❌ 不用                                      |
| 環境相關 | 現場實際接了什麼:RS485 型號與 slave、擴充模組數量、MQTT broker        | ✅ 改 <code>web/tests/factory-env.js</code> |

只改一個檔: `web/tests/factory-env.js`

```
const HARDWARE = {  
  // RS485 上預期存在的設備。空陣列 = 該站沒有 RS485, 相關測項自動略過  
  rs485: [ { slaveId: 1, model: 'finder6m', name: '電流計' } ],  
  // 預期的擴充模組「實際連線」數量。0 = 沒有擴充槽  
  expansionModules: 1,  
  hostDowiring: '4 個 DO 接三色燈(D01=紅 D02=綠 D03=藍 D04=蜂鳴器)',  
};
```

JS

改完之後 **ST.14 會替你把關**:設定檔宣告的硬體與設備實際回報不符就直接紅燈, 不必等某個功能測莫名其妙失敗才回頭猜哪裡不一樣。



# 常見情境

| 情境               | 怎麼改                                                                                                                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 換一台設備(IP 不同)     | <code>DUT_URL=http://新IP npm run test:gate</code> , 不必改檔                                                                                             |
| 對外 MQTT topic 前綴 | <b>不必改</b> —— 留空時測試會向設備問它自己的 UID 自動組出來                                                                                                               |
| RS485 換型號或 slave | 改 <code>HARDWARE.rs485</code> ( <code>model</code> 用 <code>/api/config</code> 的 <code>modbusDevices[].type</code> 值)                                 |
| 該站沒有 RS485       | <code>EXPECT_RS485='' npm run test:gate</code> , 或改檔案的 <code>rs485: []</code>                                                                        |
| 一份設定檔要服務多台不同配置   | 用環境變數逐台覆寫, 不必改檔:<br><code>EXPECT_RS485='1:finder6m:電流計' EXPECT_EXPANSIONS=1</code> (8320)<br><code>EXPECT_RS485='' EXPECT_EXPANSIONS=0</code> (8310) |
| 沒有擴充模組           | <code>EXPECT_EXPANSIONS=0</code> → 自動略過                                                                                                              |
| 韌體出新版            | <code>EXPECT_FW=6.0.xx npm run test:gate</code> , 或改 <code>factory-env.js</code> 的預設值                                                                |

**原則:**測試碼一行都不該為了換環境而改。要改就改設定檔 —— 改測試碼會讓「這一站為什麼要特別處理」的知識散落各處, 下一個人接手就看不懂。

03

## 文件用途

本文件是**正式工站操作規範**, 供產線測試人員逐步執行。所有步驟可由一位測試員在單一工站完成。

自動化實作(v5.9.130+,跑真實 DUT):

🚀 一鍵測試 (自動偵測 UID + 前置檢查 + 跑功能+頁面):

```
./scripts/run-factory-test.sh [DUT_IP] [ADMIN_TOKEN]
# 預設 192.168.72.77 / smmsadmin:輸出 12 tests PASS/FAIL
```

| 套件                                                | 涵蓋                                                                                                                                                                                                                       | 執行                                      |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <code>web/tests/factory-functional.spec.js</code> | <b>決定性韌體能力</b> (beforeAll 自佈建 fixtures, 不依賴設備現狀/RS485): 連線、MQTT 輸入、2-source AND 順序強制、signal→rule→CH_TCP publish→broker loopback (6 tests)                                                                                | <code>npm run test:factory:func</code>  |
| <code>web/tests/factory-pages.spec.js</code>      | Phase 2 五頁面渲染 (Overview/Config/Rules/Devices/Settings, 5 tests)                                                                                                                                                          | <code>npm run test:factory:pages</code> |
| <code>web/tests/factory-v6.spec.js</code>         | <b>v6.0.x 能力回歸</b> (純 HTTP 唯讀契約, 不改 config): Phase 0 機型身分 (hasWifi/boardModel/version/mac)、Phase 6B 遠端診斷 (/api/log + /api/diag + auth 401)、Phase 2E.6a MQTT 測試契約 (202+輪詢)、Phase 2E.6b namespace 欄位 + TLS 出廠預設 (13 tests) | <code>npm run test:factory:v6</code>    |
| <code>web/tests/factory-cleanup.spec.js</code>    | Phase 7 出貨清理 (FR-H, 部分 test.skip 待韌體 endpoint)                                                                                                                                                                           | —                                       |

一次跑功能+頁面+v6 回歸: `npm run test:factory` (於 `web/`, 共 24 tests) 或 `./scripts/run-factory-test.sh` (repo root, 自動偵測 UID)。 `EXPECT_FW` 環境變數鎖定出版版號基線 (預設 `6.0.8`)。

**決定性原則 (出廠品質基準):** functional 測試在 `beforeAll` 自己 **idempotent** 佈建 fixtures (wdprobe + ft\_\* 引擎元件) + 清 retained, **不依賴設備現有 config、不依賴 RS485 硬體**。因此**同韌體 → 同結果**; 唯有韌體能力改變才會讓結果變。對出廠空機也成立。fixtures 由 Phase 7 一併清除。 **物理治具步驟** (砵碼/SG-002/DI 開關/拔網路線) 無法自動化, 仍由本文件手動 □ 執行。 ⚠️ 跑前 watchdog 須暫停 (會 reboot 干擾)。

04 工站前置條件

治具接線

| 連接點                       | 接線對象                                                        | API/UI 位置                                    | 用途                  |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|
| Host DI 1                 | Toggle Button                                               | <code>/api/io di[0]</code>                   | 數位輸入驗證              |
| Host AI 2                 | FNIRSI-SG-002 信號產生器 (0~10V)                                 | <code>/api/io ai[1]</code>                   | 類比輸入驗證              |
| Host DO 1~4               | 三色燈 + 蜂鳴器 (紅/綠/藍/蜂鳴)                                        | <code>/api/io do[0..3]</code>                | 數位輸出驗證              |
| <b>Expansion 0</b> DO 3~6 | 第二組三色燈 + 蜂鳴器                                                | <code>expansions[0].doNames[2..5]</code>     | 擴充模組驗證              |
| <b>RS485 Bus 0</b>        | Finder 6M.TB ( <b>Slave ID=1</b> , Baud 9600, machineId=48) | <code>/api/config modbusDevices[0]</code>    | 電力表讀取               |
| <b>RS485 Bus 0</b>        | YX523R 光警器 ( <b>Slave ID=4</b> , machineId=24325)           | <code>/api/config modbusDevices[1]</code>    | RS485 寫入            |
| Ethernet                  | 工站電腦區網                                                      | —                                            | Web UI + Playwright |
| <b>MQTT Broker (新增)</b>   | 工站本地 Mosquitto (明文 1883)                                    | <code>factory/&lt;topicPrefix&gt;/...</code> | FR-G E2E 雙向訊息       |

平台容量基準（硬體衍生，6.0.8 沿用）

| 項目                   | 容量                                            | 用途     |
|----------------------|-----------------------------------------------|--------|
| Host DI / DO / AI    | 8 / 4 / 3                                     | 主機 I/O |
| Expansion 槽位         | 5 (Exp0~Exp4, 目前 fixture 只用 Exp0)             | 擴充模組   |
| Modbus 設備 / Register | 12 / 32                                       | RS485  |
| RS485 Bus            | 韌體 2 條, UI 只外露 Bus 0 (Bus 1 由 FR-H1-03 確保不誤露) | —      |

變體識別（機型 × 網路，二維）

工站開始前必須讀 `/api/system` 判定 **兩個維度**，並寫入結果摘要 metadata：

**維度 1 — 機型**（來源 = OTP `boardInfo().wifi`，不可靠 `WiFi.status()`）：

- `hasWifi=false` / `boardModel="8310"` → **8310 機型**（無 WiFi 模組）：強制乙太網路；設定頁隱藏 WiFi 欄位；心跳燈 = **琥珀色（紅+綠同亮）**；H6 Failover **Skip**；AP 模式進不了。
- `hasWifi=true` / `boardModel="8320"` → **8320 機型**（有 WiFi）：可 WiFi；心跳燈 = **藍燈（LEDB）**；H6 Failover 依網路變體決定。

**維度 2 — 網路變體**（讀 `network.netType` 與 `/api/config interfaceMode`）：

- `netType="Ethernet"` 且 `interfaceMode=0/1` → **ethernet 變體**（H6 Failover Skip）
- `netType="WiFi"` 或 `interfaceMode=2` → **wifi 變體**（H6 Failover 必測，僅 8320 可能）

⚠ 8310 恆為 ethernet 變體（無 WiFi 硬體）。wifi 變體必為 8320。

工站 profile 需於啟動時設 `model: 8310|8320` + `variant: ethernet|wifi`，寫入結果摘要 metadata。

啟動檢查清單

- ☐ DUT 已上電，Status LED 閃爍中
- ☐ DUT 已取得 IP，工站電腦可 ping 通
- ☐ 瀏覽器可開啟 DUT Web UI ( `http://<DUT-IP>` )
- ☐ RS485 設備已上電 (Finder + YX523R 兩台)
- ☐ SG-002 信號產生器已上電
- ☐ **MQTT Broker** 已啟動 (明文 1883)
- ☐ **機型 + 網路變體** 已從 `/api/system` 讀取並寫入結果摘要
- ☐ 首次燒錄後首開機：Web UI 完整渲染 (**非裸 HTML**；app.js 走 QSPI 已載入)

# Phase 0：連線檢查（FR-F、FR-A1-07）

| #   | 步驟                                                                 | 驗收條件                                                                                                                                                                                           | 類型 |
|-----|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 0.1 | 開啟瀏覽器，連接 DUT Web UI                                                | Dashboard 頁面載入完成；無 JS error； <b>非裸 HTML</b>                                                                                                                                                    | 自動 |
| 0.2 | 確認左下角韌體版本號<br><code>#sideVersion</code>                            | 顯示 <code>v6.0.8</code> ( <code>/api/system version</code> )；自動化 V6-ID.3 斷言，可 <code>EXPECT_FW</code> 覆寫)                                                                                        | 自動 |
| 0.3 | 記錄 DUT UID <code>#sysDeviceUid</code>                              | 24-hex 格式                                                                                                                                                                                      | 自動 |
| 0.4 | 讀取 <code>/api/config configCrc</code>                              | 寫入結果摘要 ( <code>firmware.configCrcReference</code> )                                                                                                                                            | 自動 |
| 0.5 | 讀取 <code>network.netType</code> 判定網路變體                             | profile 對齊；異常則 fail                                                                                                                                                                            | 自動 |
| 0.6 | 讀取 <code>/api/system boardModel</code> / <code>hasWifi</code> 判定機型 | <code>hasWifi</code> =boolean； <code>boardModel</code> = " <code>Opta RS485 (8310)</code> " (hasWifi=false) / " <code>Opta WiFi (8320)</code> " (hasWifi=true)；兩者一致；profile 對齊 (自動化 V6-ID.1/2) | 自動 |
| 0.7 | 讀取 <code>/api/config mac</code>                                    | 冒號大寫 MAC (如 <code>A8:61:0A:50:8B:61</code> )；對外 topic 身分 = 去冒號轉小寫 12-hex；寫入結果摘要 (自動化 V6-ID.4)                                                                                                  | 自動 |

## 測試記錄：

```
DUT UID:      -----
DUT MAC:      ----- (12-hex 對外身分)
FW Version:   6.0.8 (預期)
Board Model:  8310 | 8320
Variant:      ethernet | wifi
configCrc:    ----- (出廠 baseline)
測試日期:    -----
測試員:      -----
```

06

# Phase 1：初始化（FR-C1）

| #   | 步驟                                            | 驗收條件                                               | 類型 |
|-----|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|
| 1.1 | 清空所有殘留規則 (含未命名「Rule 2」)                       | <code>/api/rules ruleCount</code> = 0              | 自動 |
| 1.2 | 關閉所有 DO 輸出                                    | <code>/api/io do[]</code> 全為 false                 | 自動 |
| 1.3 | 載入 baseline 設定檔 (含 Finder + YX523R)           | 設定載入 Toast， <code>configCrc</code> 等於 baseline 預期值 | 自動 |
| 1.4 | 確認 <code>eeepromPendingReboot == false</code> | <code>/api/system</code> 欄位                        | 自動 |

07

# Phase 2：UI 驗證

## 2A. Dashboard 總覽頁 (FR-A1)

| #    | 測試項目                    | 驗收條件                                                                 | 對應 PRD           |
|------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
| 2A.1 | 統計卡片                    | <span>#diCnt</span> / <span>#doCnt</span> / <span>#ruleCnt</span> 非空 | FR-A1-01         |
| 2A.2 | MQTT 卡片四態               | <span>#mqttSt</span> 為「未設定/連線中/已連線/失敗」之一                             | FR-A1-02         |
| 2A.3 | Modbus TCP 卡片           | 卡片靜態存在；⚠️ 已知 UI bug：硬編碼顯示「Port 502」(FR-A1-03 註腳，PRD 附錄 E E-01)       | FR-A1-03         |
| 2A.4 | 物理 / Expansion 切換 Tab   | 主機 8DI / 4DO ↔ <span>Digital-SSR #0 16DI / 8DO</span> 可切換            | FR-A1-04         |
| 2A.5 | RS485 卡片 — Finder 12 量測 | 12 格全顯示 (電壓 V/電流 A/有功 W/無功 var/視在 VA/PF/頻率 Hz/諧波 %/總/正/反向 kWh)，無 NaN | FR-A1-05         |
| 2A.6 | 頂部控制列                   | Poll Rate Selector + IP + 連線狀態徽章                                     | FR-A1-06 + A1-10 |
| 2A.7 | 側邊欄頁尾                   | 系統時間跳動 + <span>#sideVersion</span> 顯示 <span>v6.0.8</span>            | FR-A1-07         |
| 2A.8 | I/O 卡片三態徽章              | DI 顯示「待機/未啟用」；DO 顯示「關閉/開啟/未啟用」                                       | FR-A1-08         |
| 2A.9 | 每張卡片 🗑️ 清除統計            | 點按只重設該通道                                                             | FR-A1-09         |

## 2B. Config 配置頁 (FR-A2)

| #    | 測試項目          | 驗收條件                                                                                                    | 對應 PRD              |
|------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2B.1 | Tab 切換        | 主機 / <span>Digital-SSR #0</span> 可切； <span>物理通道</span> / <span>虛擬通道</span> / <span>TCP 通道</span> 三子分頁可切 | FR-A2-01 / 02       |
| 2B.2 | TCP 通道列表      | 進頁面後等 5 秒， <span>#tcpChannelsList</span> 渲染為清單或「尚無 TCP IO 通道」(不可保留「載入中...」)                             | FR-A2-02b           |
| 2B.3 | 物理輸入「資料型態」下拉  | I1~I8 每行有 <span>數位/類比</span> dropdown                                                                   | FR-A2-02c           |
| 2B.4 | DO 標籤 1-based | 物理通道輸出列表顯示 <span>D01</span> ~ `DO4` ；不可出現 <span>DO0`</span>                                             | FR-A2-02d / WI-102  |
| 2B.5 | 虛擬通道類型        | 計數器 / 計時器 / 類比邏輯三型可切換                                                                                   | FR-A2-03            |
| 2B.6 | 設備樣板          | 「PATLITE NE-M1ATB-M」+「Toggle Button」可點擊套用                                                               | FR-A2-06            |
| 2B.7 | TCP IO Modal  | <span>+ 新增通道</span> → <span>#tcpIoModal</span> 開啟 + 欄位完整                                                | FR-A2-08~15         |
| 2B.8 | 群組 Modal      | <span>#groupModal</span> 編輯成員清單 + Device Tag                                                            | FR-A2-16            |
| 2B.9 | 儲存回饋          | <span>#toast</span> 出現綠色成功訊息                                                                            | FR-A2-04 / FR-A6-01 |

## 2C. Rules 規則頁 (FR-A3)

| #    | 測試項目         | 驗收條件                                                            | 對應 PRD             |
|------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|
| 2C.1 | 規則列表         | <code>#rulesList</code> 不停在「載入中」                                | FR-A3-01           |
| 2C.2 | 優先權提示 banner | 顯示「越下方的規則擁有最終覆蓋優先權」                                             | FR-A3-05           |
| 2C.3 | 規則卡片優先權徽章    | 每卡片標題前綴  /  /  之一 (priority 0/1/2 對應)                           | FR-A3-06b / WI-101 |
| 2C.4 | 新增規則         | <code>+ 新增規則</code> → 右側 inline 編輯器 <code>#ruleEditor</code> 開啟 | FR-A3-02           |
| 2C.5 | 三級優先權選擇器     | <code>#rulePriority</code> 下拉含  一般 /  高 /  緊急 (互鎖)              | FR-A3-06           |
| 2C.6 | 互鎖實測         | 兩條互斥規則 + 一條設「緊急」→ DO 最終由互鎖決定                                    | FR-A3-07           |
| 2C.7 | 啟停切換         | toggle 後 <code>/api/rules</code> 與畫面同步                          | FR-A3-03           |

## 2D. Devices 設備頁 (FR-A4)

| #    | 測試項目                     | 驗收條件                                                                                               | 對應 PRD              |
|------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2D.1 | 5 槽 Expansion 卡片         | <code>#expSlots</code> 顯示 5 槽, 未連接者標「未連接」                                                          | FR-A4-01            |
| 2D.2 | 匯流排掃描                    | <code>#btnScan</code> → 進度條 + 結果列表 (含 Finder slave 1, YX523R slave 4)                              | FR-A4-02            |
| 2D.3 | Modbus Probe             | <code>#btnProbe</code> 對 Slave 1, Reg 0, Count 4 → 成功且 raw hex 有資料                                 | FR-A4-03            |
| 2D.4 | EEPROM Modal 開啟          | <code>openEepromModal()</code> → 顯示橘色警告「DIP OFF/OFF + 斷電上電」                                        | FR-A4-04            |
| 2D.5 | RS485 Modal 11 fieldMask | 新增 RS485 設備 → 「總覽顯示」11 個 checkbox 全可勾選                                                             | FR-A4-05            |
| 2D.6 | RS485 樣板                 | dropdown 含 Finder 6M / YX523R / 自訂三選項                                                              | FR-A4-06            |
| 2D.7 | Bus Settings 不外露 Bus 1   | <code>#busSettingsModal</code> 內僅 <code>Port 1</code> , 無 <code>Port 2</code> / <code>bus1*</code> | FR-A4-08 + FR-H1-03 |

## 2E. Settings 設定頁 (FR-A5)

| #     | 測試項目                                    | 驗收條件                                                                                                                                                              | 對應 PRD              |
|-------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2E.1  | 裝置識別                                    | <code>#cfgName</code> + <code>#sysDeviceUid</code> 可讀;UID 點擊複製                                                                                                    | FR-A5-01            |
| 2E.2  | 系統時間                                    | <code>#sysCurrentTime.value</code> 每秒跳動(用 <code>.value</code> 不是 <code>.innerText</code> )                                                                        | FR-A5-03            |
| 2E.3  | 授權卡片                                    | <code>#sysExpiresAt.value</code> 顯示「永久授權」/具體日期/「未授權」                                                                                                              | FR-A5-03            |
| 2E.4  | License 啟用                              | <code>#btnLicenseActivate</code> → 輪詢 <code>/api/license</code> 直到 ACTIVE                                                                                         | FR-A5-03            |
| 2E.5  | License Renewal                         | <code>#renewalTokenInput</code> + <code>renewLicense()</code> 路徑                                                                                                  | FR-A5-11            |
| 2E.6  | MQTT 設定                                 | Broker / Port / Client / Auth 欄位儲存;TLS 已實作 ( <code>#mqttTls</code> 勾選 + <code>#mqttTlsInsecure</code> );<br>出廠預設 <code>tlsInsecure=true</code> (不驗 CA,業主指定,勿改回)   | FR-A5-02            |
| 2E.6a | MQTT 測試連線 (v6.0.4)                      | 點「測試連線」→ POST 回 202 → 前端輪詢 <code>/api/mqtt/test</code> 顯示「測試中 n/30」→ 結果成功/<br>失敗;密碼欄留空 = 用已存密碼;對已連線同 broker 直接短路判定成功                                              | FR-A5-02            |
| 2E.6b | MQTT 命名空間 (WI-155 / 6.0.0)              | <code>#mqttProject</code> + <code>#mqttEnv</code> 兩欄留空 = legacy <code>mes/gateway/{uid}</code> ;填值 = <code>{proj}-{env}/gateway/{mac}</code> (全小寫);儲存後心跳 topic 對齊 | FR-A5-02            |
| 2E.7  | Config Server 雙位址 + auto-disable banner | <code>#csUrl</code> + <code>#csCloudUrl</code> 各自獨立; <code>configServerAutoDisabled=true</code> 時 banner 顯示                                                       | FR-A5-04 / 15       |
| 2E.8  | 網路模式三選一                                 | <code>#netModeSelect</code> radio:自動 / 僅有線 / 僅 WiFi                                                                                                               | FR-A5-05            |
| 2E.9  | DHCP/Static 切換                          | <code>#ethDHCP</code> ↔ <code>#ethStatic</code> 對應顯示 / 隱藏 IP 欄位                                                                                                   | FR-A5-21            |
| 2E.10 | WiFi AP 掃描流程 (變體 = wifi)                | <code>switchToApMode()</code> → <code>scanWifi()</code> → 選 SSID → 儲存並重啟                                                                                          | FR-A5-06 / 20       |
| 2E.11 | OTA 雙路徑                                 | 拖曳 <code>#otaFileInput</code> + 伺服器 <code>#otaVersionSelect</code>                                                                                                | FR-A5-08 / 23       |
| 2E.12 | 破壞性維護防呆                                 | 重啟 / 恢復原廠 / 清除三 Modal 各有遮罩                                                                                                                                        | FR-A5-09            |
| 2E.13 | MAC 軟體覆寫 (進階, WI-155)                   | 進階區可填軟體 MAC (不碰硬體 OTP) + 即時驗證;設定後 90s 內無 IP 自動回退 防失聯;複製<br>鈕給對外格式 (無冒號小寫)                                                                                         | FR-A5 (WI-155)      |
| 2E.14 | 📄 設備日誌 按鈕 (v6.0.1)                      | 設定頁「儲存名稱」與「📄 設備日誌」同一列並排 (v6.0.4 UI);點按開 <code>/log.html</code> 顯示即時<br>serial log                                                                                 | FR-A5 (WI-155-遠端診斷) |
|       |                                         |                                                                                                                                                                   |                     |
|       |                                         |                                                                                                                                                                   |                     |
|       |                                         |                                                                                                                                                                   |                     |



## Phase 3：跨頁與持久化驗證（FR-B）

| #   | 步驟                                                                    | 驗收條件                              | 對應 PRD              |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| 3.1 | 修改 Device Name + I/O 別名                                               | 出現成功 Toast                        | FR-B1-01 / 03       |
| 3.2 | F5 重新整理                                                               | 設定保留                              | FR-B3-02            |
| 3.3 | 觸發系統重啟( <code>rebootDevice()</code> → <code>#rebootOverLay</code> 倒數) | 90 秒內回上線                          | FR-B3-03 / FR-A5-22 |
| 3.4 | 重啟後驗證設定未掉                                                             | 步驟 3.1 修改仍在                       | FR-B3-03            |
| 3.5 | 跨頁設定驅動呈現驗證                                                            | Config Alias 改 → Dashboard 卡片標題同步 | FR-B1-01            |
| 3.6 | TCP IO 持久化                                                            | 新增 channel → 重啟後仍存在               | FR-B1-07            |

09

## Phase 4：硬體煙霧測試（FR-C）

### H1. 初始化

| #    | 步驟      | 驗收條件                                  |
|------|---------|---------------------------------------|
| H1.1 | 清空規則綁定  | <code>/api/rules ruleCount</code> = 0 |
| H1.2 | 關閉所有 DO | 全部 OFF                                |

### H2. Host / Expansion DO 跑馬燈（FR-C2）

測試員操作：觀察燈號與通道對應

| #    | 動作                       | 預期結果                                                                                        | Pass/Fail                |
|------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| H2.1 | Host DO 1 ON (1秒)        |  紅燈亮     | <input type="checkbox"/> |
| H2.2 | Host DO 2 ON (1秒)        |  綠燈亮     | <input type="checkbox"/> |
| H2.3 | Host DO 3 ON (1秒)        |  藍燈亮     | <input type="checkbox"/> |
| H2.4 | Host DO 4 ON (1秒)        |  蜂鳴器響    | <input type="checkbox"/> |
| H2.5 | Expansion 0 DO 3 ON (1秒) |  第二組紅燈亮  | <input type="checkbox"/> |
| H2.6 | Expansion 0 DO 4 ON (1秒) |  第二組綠燈亮  | <input type="checkbox"/> |
| H2.7 | Expansion 0 DO 5 ON (1秒) |  第二組藍燈亮  | <input type="checkbox"/> |
| H2.8 | Expansion 0 DO 6 ON (1秒) |  第二組蜂鳴器響 | <input type="checkbox"/> |

### H3. RS485 驗證（FR-C3）

H3-A. YX523R 光警器寫入（Slave ID=4）

透過 Dashboard `setDO()` 或 `POST /api/modbus/manual_write` (FR-I1-02)

| #    | 命令   | 暫存器 | 寫入值  | 預期結果     | Pass/Fail |
|------|------|-----|------|----------|-----------|
| H3.1 | 紅燈長亮 | 17  | 0x11 | 光警器顯示紅色  | □         |
| H3.2 | 綠燈長亮 | 17  | 0x13 | 光警器顯示綠色  | □         |
| H3.3 | 紅燈爆閃 | 17  | 0x31 | 紅燈爆閃 2 秒 | □         |
| H3.4 | 關閉   | 17  | 0x60 | 警報熄滅     | □         |

**人工確認點：**測試員目視確認光警器燈色 / 爆閃模式 (FR-C3-01)

### H3-B. Finder 6M.TB 讀取驗證 (Slave ID=1)

| #    | 步驟                                     | 驗收條件            | Pass/Fail |
|------|----------------------------------------|-----------------|-----------|
| H3.5 | Dashboard RS485 卡片顯示 Finder 12 量測      | 12 格非 NaN·數值合理  | □         |
| H3.6 | Modbus Probe Slave 1 / Reg 0 / Count 4 | 回應成功·rawHex 有資料 | □         |

### H3-B2. 同型號多台 slaveId 持久化 (v6.0.2，選做)

驗 6.0.2 修正: `ModbusRegister.slaveId` 存進 flash,重開機後不歸零、不退回陣列位置比對 → 同型號多台不串台。需兩台同型號設備(如兩台 SF965)。單台工站可跳過並標 **H3-B2: SKIPPED (單台)**。

| #     | 步驟                                         | 驗收條件                       | Pass/Fail |
|-------|--------------------------------------------|----------------------------|-----------|
| H3.6a | 兩台同型號各設不同 <b>slaveId</b> ( $\leq 32$ ) 並儲存 | 兩張卡片各顯示自己 slaveId 的即時值,無交叉 | □         |
| H3.6b | 重開機後回到 Dashboard                           | 兩台仍以 slaveId 穩定綁定;值不互換、不串台 | □         |

### H3-B3. 離線來源不發假 0 (v6.0.7，選做)

驗 6.0.7:converter 模板引用到**離線** RS485 來源時,整筆**跳過發佈**(不送 `{"counter":0}` 讓 MES 誤判計數歸零)。  
`ConverterEngine::pushTemplate` 依 `_fillHadOfflineSource` 跳過。需 broker 訂閱觀測。單台工站可跳過並標 **H3-B3: SKIPPED**。

| #     | 步驟                                          | 驗收條件                                                                                       | Pass/Fail |
|-------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| H3.6c | 建 converter 模板引用某 RS485 來源 → 閘控發佈,訂閱其 topic | 來源在線時:每期收到含實值的 payload                                                                     | □         |
| H3.6d | 拔線 / 關機讓來源 <b>離線</b> ,續觀測 topic             | <b>完全靜默</b> (不送 <code>0</code> );設備 log 出現 <code>skip publish: RS485 source offline</code> | □         |
| H3.6e | 來源回線                                        | 自動恢復發佈實值                                                                                   | □         |

### H3-B4. SF965 計數器原生解碼 (v6.0.8，選做,需 SF965 硬體)

驗 6.0.8 新 dataType `VAR_SF965_PV` (=8):SF965 PV@addr4 為特規 32-bit——高 3 byte=計數值、低 byte=小數點位數(dot)→ 值 = `(raw>>8)/10^dot`。選 SF965 型號套預設暫存器即用此型別(不再靠 `*256` scale 湊)。

| #     | 步驟                                | 驗收條件                                              | Pass/Fail |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|
| H3.6f | RS485 新增設備選「SF965 計數器」樣板 → 套預設暫存器 | PV 暫存器 dataType 顯示 <b>SF965 PV</b> (=8);儲存後讀回仍為 8 | □         |
| H3.6g | Dashboard 顯示 SF965 計數即時值          | dot=0 為乾淨整數、dot≠0 自動小數;與機台面板顯示一致(顯示 + 發佈一致)       | □         |

### H3-C. TDA-08B 稱重控制器情境驗證 (Slave ID=1, v5.9.111 sensor-fusion 計件器情境)

對應源碼提交 [9cea4cd](#) (v5.9.111) TDA-08B + sensor-fusion 虛擬通道 + 計數器 peak-detection。v5.9.112+ 已移除 TDA-08B 模板,本情境必須手動建立暫存器與虛擬通道。完整逐欄位 / 標定流程 / 排錯: [docs/hardware/setup-tda-08b.md](#) (內部文件,未公開) 治具: TDA-08B 稱重控制器 1 台、5kg 標準砝碼、感測器 (壓力 / 應變片)。

! curl 配置時 JSON 必須 compact (無空格): Python 用 `json.dumps(obj, separators=(',', ':'))`, 否則 firmware parser 靜默忽略。詳見 setup-tda-08b.md § 2B。

#### Step 1: 手動建立 RS485 設備 (Slave ID=1, 9600/8N1, ABCD Big-Endian)

| #     | 步驟                                                                                                                                        | 驗收條件                   | Pass/Fail |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| H3.7  | RS485 設定 → 新增「自訂設備」名為 <b>TDA-08B 稱重控制器</b> , Slave=1, 輪詢 2000 ms                                                                          | 卡片顯示  在線               | □         |
| H3.8  | 加 5 筆讀取暫存器 (FC03): <b>實時值</b> @11(INT32) / <b>穩定狀態</b> @9(UINT16) / <b>線上狀態</b> @10(UINT16) / <b>峰值</b> @43(INT32) / <b>谷值</b> @75(INT32) | 5 行顯示  啟用, 倍率 =1, 偏移=0 | □         |
| H3.9  | 加 2 筆寫入暫存器 (FC06): <b>標定指令</b> @113(UINT16) / <b>砝碼值</b> @108(UINT16)                                                                     | 2 行顯示, 模式=Write        | □         |
| H3.10 | 儲存設備設定                                                                                                                                    | 設備卡片顯示 7 個暫存器即時值       | □         |

#### Step 2: 建立 Scale 虛擬通道 (sensor-fusion)

| #     | 步驟                                                                                                                          | 驗收條件                                        | Pass/Fail |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| H3.11 | Config → 邏輯類型  秤重計 (重量 → 件數) 新增虛擬通道                                                                                         | Scale 通道卡片出現                                | □         |
| H3.12 | Scale 設定 — <b>來源</b> = Modbus <b>TDA-08B 實時值</b> , <b>tare</b> = 空秤值, <b>unitWeight</b> = 單件重量 (克), <b>tolerance</b> = ±10% | 公式預覽顯示 <code>round((讀值 - tare) / uw)</code> | □         |
| H3.13 | 空秤點  自動校準 → 寫入 <b>標定指令=4</b> (清零)                                                                                           | 實時值歸零 ±0.5g                                 | □         |

#### Step 3: 計數器 peak-detection 規則

| #     | 步驟                                                                                      | 驗收條件                                         | Pass/Fail |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| H3.14 | 新增計數器虛擬通道 <b>合格計件器</b> , <b>triggerSource</b> = Scale.currentCount, <b>threshold</b> =1 | 通道卡片顯示 count=0                               | □         |
| H3.15 | 規則: <b>合格達標</b> (count ≥ 10) → MQTT 通知 <code>mes/gateway/{uid}/scale/done</code>        | 規則  Active                                   | □         |
| H3.16 | 提示: 放上 1 顆 5g 標準砝碼於秤上                                                                   | Scale.currentCount = 1, 計數 +1                | □         |
| H3.17 | 重複 9 次 (共 10 顆砝碼)                                                                       | 每次讀值穩定在 unitWeight ± tolerance 才 +1; 雜訊或半顆不算 | □         |
| H3.18 | 達到 count=10 觸發 MQTT 通知                                                                  | broker 收到 <b>scale/done</b> 訊息               | □         |

Step 4: 標定指令往返驗證

| #     | 步驟                                                                                                | 驗收條件               | Pass/Fail                |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|
| H3.19 | 規則「MQTT→清零」: 外部 <code>mes/gateway/{uid}/scale/calibrate</code> → Modbus Write <code>標定指令=4</code> | TDA-08B 實時值歸零      | <input type="checkbox"/> |
| H3.20 | 規則「MQTT→零點」: 外部 <code>... /scale/zero</code> → <code>標定指令=1</code>                                | TDA-08B 重新標定零點     | <input type="checkbox"/> |
| H3.21 | (選做) 寫 <code>砝碼值=5000</code> + <code>標定指令=2</code> 標定增益                                           | 5g 砝碼讀值 = 5000 ± 5 | <input type="checkbox"/> |

**人工確認點:** H3.16 / H3.17 / H3.21 需測試員實際操作砝碼並目視確認讀值穩定 (FR-C3-01 延伸)

Step 5: 校正引導精靈 chain 驗證 (v5.9.130+ 選做)

驗證 MQTT-Chain 工作流校正精靈 (4 步驟 + 燈號)。需先佈建 wizard (見 `guide-calibration-wizard.md` § 5)。無 wizard 佈建則跳過並標 `H3 Step5: SKIPPED`。

| #     | 步驟                                                      | 驗收條件                                                          | Pass/Fail                |
|-------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|
| H3.22 | 重置: 發 <code>.../cmd/signal/3</code> = 1 → 0             | <code>.../cmd/signal/0</code> (state)=0, 燈號全滅                 | <input type="checkbox"/> |
| H3.23 | 推進標零: 發 <code>.../cmd/signal/1</code> = 1 → 0 (瞬時)      | 收到 <code>.../rules/{n}/trigger 校正標零</code> ; state → 1; 第一顆燈亮 | <input type="checkbox"/> |
| H3.24 | 順序強制: state=0 時發 <code>.../cmd/signal/2</code> (標增益)    | 不該 fire (AND 條件 state==1 不成立)                                 | <input type="checkbox"/> |
| H3.25 | 推進標增益: state=1 時發 <code>.../cmd/signal/2</code> = 1 → 0 | state → 2; 第二顆燈亮; reg108/113 寫入                               | <input type="checkbox"/> |
| H3.26 | (有砝碼) 放 5kg 砝碼跑標零 → 標增益完整流程                             | weight 校到 5.00 ± 0.01                                         | <input type="checkbox"/> |

**人工確認點:** H3.23/H3.25 目視燈號切換; H3.26 需實體砝碼。

H4. 類比輸入 AI 驗證 (FR-C4)

| #    | 步驟                                                                                                                  | 驗收條件                                | Pass/Fail                |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| H4.1 |  提示測試員: 將 SG-002 調至 <b>5.00V</b> | —                                   | —                        |
| H4.2 | 等待 3 秒後讀取 <code>/api/io ai[1]</code>                                                                                | 值在 <b>5.00V ± 5%</b> (4.75 ~ 5.25V) | <input type="checkbox"/> |
| H4.3 |  提示測試員: 將 SG-002 調至 <b>0.00V</b> | —                                   | —                        |
| H4.4 | 等待 3 秒後讀取 <code>/api/io ai[1]</code>                                                                                | 值在 0 ~ 0.25V                        | <input type="checkbox"/> |

容差數值在 HW 拆工後由 `web/tests/fixtures/factory-baseline.json` 鎖定。

## H5. 數位輸入 DI 驗證 (FR-C5)

| #    | 步驟                                                                                                 | 驗收條件     | Pass/Fail                |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| H5.1 |  提示測試員:按下 DI 1 開關 | —        | —                        |
| H5.2 | 等待偵測 <code>/api/io di[0] = true</code>                                                             | 10 秒內偵測到 | <input type="checkbox"/> |
| H5.3 |  提示測試員:放開 DI 1 開關 | —        | —                        |
| H5.4 | 等待偵測 <code>/api/io di[0] = false</code>                                                            | 10 秒內偵測到 | <input type="checkbox"/> |

## H6. 網路 Failover 驗證 (變體 = wifi 限定, FR-C6)

Skip 條件: `variant != wifi` 時整個章節跳過,並在報告標 `H6: SKIPPED (ethernet-only)`

| #    | 步驟                                                                                                | 驗收條件                   | Pass/Fail                |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| H6.1 |  拔除 Ethernet 網路線 | —                      | —                        |
| H6.2 | 等 30 秒,DUT 自動切到 WiFi                                                                              | WiFi IP 可 ping,MQTT 重連 | <input type="checkbox"/> |
| H6.3 |  插回 Ethernet     | —                      | —                        |
| H6.4 | 等 30 秒,DUT 切回 Ethernet                                                                            | 有線 IP 可 ping,MQTT 重連   | <input type="checkbox"/> |

## H7. 跨協議多對多路由 (FR-C7)

| #    | 步驟                                                                | 驗收條件                               | Pass/Fail                |
|------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| H7.1 | Fan-out: TCP Parser → Host DO 1 + Expansion DO 3 + MQTT Converter | 一次外部 MQTT 觸發 → 兩燈同亮 + 收到 broker 推送 | <input type="checkbox"/> |
| H7.2 | 防迴圈: Converter Topic = Parser Topic                               | 10 秒內無 MCU 重啟 / 無 watchdog         | <input type="checkbox"/> |

## H8. 機型感知 UI 過濾 + 心跳燈 (WI-151 / WI-152, 8310 / 8320)

來源 = OTP `boardInfo().wifi`。此章節依機型分流:8310 驗「無 WiFi + 琥珀燈」,8320 驗「有 WiFi + 藍燈」。

| #    | 步驟                                                                                        | 8310 (hasWifi=false)                   | 8320 (hasWifi=true)                     | Pass/Fail                |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| H8.1 | <code>/api/system</code> <code>hasWifi</code> / <code>boardModel</code>                   | <code>false</code> / <code>8310</code> | <code>true</code> / <code>8320</code>   | <input type="checkbox"/> |
| H8.2 | 設定頁網路區 WiFi 欄位                                                                            | 隱藏 SSID/密碼 + 介面模式選單(強制乙太網路)            | 露出 SSID/密碼 + 三選一模式                      | <input type="checkbox"/> |
| H8.3 |  目視心跳燈 | 琥珀色(紅+綠同亮)                             | 藍燈(LEDDB)                               | <input type="checkbox"/> |
| H8.4 | AP 模式進入                                                                                   | 進不了(無 WiFi 會 fallback)                 | 可進 AP ( <code>switchToApMode()</code> ) | <input type="checkbox"/> |
|      |                                                                                           |                                        |                                         |                          |
|      |                                                                                           |                                        |                                         |                          |

## Phase 5：端到端業務流（FR-G）

必須在 Phase 4 全通過後才執行。

| #   | 步驟                                                                                               | 驗收條件                                                                                        | Pass/Fail                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 5.1 | 配置 1 個 DI / 1 個 TCP Parser / 1 個虛擬輸入                                                             | 三者 Enabled                                                                                  | <input type="checkbox"/> |
| 5.2 | 配置 1 個 DO / 1 個 TCP Converter / 1 個虛擬輸出                                                          | 三者 Enabled                                                                                  | <input type="checkbox"/> |
| 5.3 | 建立 <code>IG_All_Inputs</code> / <code>OG_All_Outputs</code> 各納 3 件                               | 群組 Modal 儲存成功                                                                               | <input type="checkbox"/> |
| 5.4 | 建立 <code>Rule_E2E</code> ： <code>IG_All_Inputs</code> → <code>OG_All_Outputs</code> (priority 0) | 規則卡片含  徽章 | <input type="checkbox"/> |
| 5.5 | 觸發外部 MQTT → Parser 命中                                                                            | 實體 DO 點亮 + Broker 收到 Converter 推送                                                           | <input type="checkbox"/> |
| 5.6 | Dashboard 三類卡片同步 Active                                                                          | Input Group / Rule / Output Group 皆變色                                                       | <input type="checkbox"/> |

11

## Phase 6：OTA + 升級迴歸（FR-D / FR-E）

| #   | 步驟                                                                                           | 驗收條件                                              | Pass/Fail                |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------|
| 6.1 | 上傳 OTA payload (拖曳或伺服器版本)                                                                    | <code>#otaProgressBar</code> 100% 完成              | <input type="checkbox"/> |
| 6.2 | 觸發重啟                                                                                         | RTC Backup Register swap flag 設為待 swap            | <input type="checkbox"/> |
| 6.3 |  重啟期間目視確認 | 無紅燈閃爍 (紅燈 = swap fail)                            | <input type="checkbox"/> |
| 6.4 | 重啟後比對版本                                                                                      | <code>/api/system version</code> 已切到新版，無 rollback | <input type="checkbox"/> |
| 6.5 | 跨版本升級驗證 (N-1 → N)                                                                            | 既有 Rule / Modbus / MQTT 設定無損；新欄位有預設值              | <input type="checkbox"/> |
| 6.6 | 模擬 OTA 中斷後復原                                                                                 | 5 分鐘內以舊版可開機                                       | <input type="checkbox"/> |

12

## Phase 6B：遠端維運健檢（v6.0.1）

驗證 VPN-only / 現場無 USB 情境的遠端診斷能力。需 `PERM_ADMIN` (Bearer `smmsadmin`)。

| #    | 步驟                                    | 驗收條件                                                                                                                                                                                                         | Pass/Fail |
|------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6B.1 | <code>GET /api/log</code> (帶 Bearer)  | 回純文字 ring buffer ( <code>text/plain</code> ; RS485 輪詢 / MQTT / 開機序列可見) ; 無 Bearer → 401 (自動化 V6-DIAG.1/2)                                                                                                    | □         |
| 6B.2 | 開 <code>/log.html</code> (走 QSPI)     | 頁面渲染即時 log; 設定頁「  設備日誌」按鈕可達                                                                                                 | □         |
| 6B.3 | <code>GET /api/diag</code> (帶 Bearer) | 回 <code>resetReason / bootDetail / prevResetReason / bootCount / prevUptimeSec / uptimeSec / rawRsr / fwVersion ; fwVersion</code> 應等於 <code>/api/system version</code> ; 無 Bearer → 401 (自動化 V6-DIAG.3/4/5) | □         |
| 6B.4 | 主動重啟後查 <code>resetReason</code>       | 標記正確重開 → <code>SOFTWARE</code> ( <code>bootDetail</code> 附細節) ; 非當機不應標 <code>UNEXPECTED</code>                                                                                                               | □         |
| 6B.5 | 密碼遮罩不外洩                               | log 內 MQTT/AP/license 密碼皆遮罩 ( <code>****</code> / 長度) , 無明文                                                                                                                                                  | □         |

⚠ 勿以「打整頁 + 高頻並發」壓 `/api/log` (會觸 IWDG 重開); `/` 是 gzip, curl 用 `--compressed` 。

13

## Phase 7：出貨前清理（FR-H）

由 WI-103 自動化腳本執行。

| #   | 步驟                                                                        | 驗收條件                                                                           | Pass/Fail |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.0 | 授權撤銷門控 (WI-145, 選做)                                                       | 撤銷狀態下: TCPIO / MQTT 對外功能被擋; DIO / 管理介面不擋 (設備仍可設定/救援); 撤銷 banner 於下次心跳(~127s)顯示 | □         |
| 7.1 | License Reset → <code>/api/license status = UNLICENSED</code>             | 重啟後維持 UNLICENSED                                                               | □         |
| 7.2 | 清除測試殘留 (Rules / Virtual / TCP IO / MQTT broker / Config Server / WiFi 密碼) | 各端點回應全空 / 預設值                                                                  | □         |
| 7.3 | 確認 <code>#busSettingsModal</code> 不外露 Bus 1                               | DOM 不含 <code>bus1*</code> element                                              | □         |
| 7.4 | 記錄出廠 baseline <code>configCrc</code>                                      | 寫入結果摘要 + DUT QR 標籤                                                             | □         |
| 7.5 | 重啟一次 → 30 秒內三 endpoint 200                                                | <code>/api/system</code> <code>/api/config</code> <code>/api/io</code>         | □         |

註 — 校正精靈 / `wdprobe` / `watchdog`: H3-C Step5 佈建的 wizard signals/actions/rules、以及 watchdog 用的 `wdprobe` signal, 屬部署時佈建、非出廠基線, 會被步驟 7.2 一併清除。出廠不保留; 現場部署時依 `guide-first-deployment.md` § 6 重新佈建。

14

# Phase 8：結果輸出與彙整（FR-F）

## 總結表

| Phase              | 測試項目數                                                                           | Pass | Fail | Skip |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| Phase 0 連線         | 7                                                                               |      |      |      |
| Phase 1 初始化        | 4                                                                               |      |      |      |
| Phase 2 UI (A~E)   | 45                                                                              |      |      |      |
| Phase 3 跨頁/持久化     | 6                                                                               |      |      |      |
| Phase 4 硬體 (H1~H8) | 32 (H6 wifi/8320 限定 4; H3-B2 需兩台同型; H3-B3 需 broker 觀測; H3-B4 需 SF965; H8 依機型分流) |      |      |      |
| Phase 5 E2E        | 6                                                                               |      |      |      |
| Phase 6 OTA + 升級   | 6                                                                               |      |      |      |
| Phase 6B 遠端診斷      | 5                                                                               |      |      |      |
| Phase 7 出貨清理       | 6                                                                               |      |      |      |
| 合計                 | 117 (8310/ethernet 變體約 111, 視選做項而定)                                             |      |      |      |

自動化覆蓋: `factory-functional` (6) + `factory-pages` (5) + `factory-v6` (13, 含 Phase 0 身分 4 / Phase 6B 診斷 5 / Phase 2E.6a-6b 契約 4) = **24 tests 一鍵** (`npm run test:factory`)。其餘為需硬體/人工目視的手動項 (H2~H8 燈號/砵碼/DI/AI、Phase 6 OTA、Phase 7 清理等)。

## 結果摘要 metadata

```
DUT UID:      _____
DUT MAC:      _____ (12-hex 對外身分)
Board Model:   8310 | 8320
Variant:      ethernet | wifi
FW Version (前): 6.0.8
FW Version (後): _____ (Phase 6 後)
configCrc (前): _____
configCrc (後): _____ (Phase 7 後)
Boot Reason:   _____ (Phase 6B /api/diag)
測試日期:     _____
測試員:       _____
工站位置:     _____
PRD v1.2 已知 bug 命中:  E-01 / E-04 / E-08 / E-09 (列舉)
擋出貨 bug:    無 | E-XX
```

## 判定

- ❑ **PASS** — 全部通過 + 0 個擋出貨 bug → 可出貨
- ❑ **CONDITIONAL** — 全部通過 + 含 🟡 不擋 bug → 可出貨但記錄
- ❑ **FAIL** — 任一擋出貨 bug 或 Phase 失敗 → 退回工程修復



失敗項目記錄

| Phase # | 描述 | 對應 PRD FR / 附錄 D 編號 | 對應 sprint card | 備註 |
|---------|----|---------------------|----------------|----|
|         |    |                     |                |    |
|         |    |                     |                |    |
|         |    |                     |                |    |

15

附錄 A：API 快速參考

| 用途                                | API                                                   | Method                | 對應 PRD              |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| 韌體 + 系統摘要                         | /api/system                                           | GET                   | FR-0                |
| 全配置 roundtrip                     | /api/config                                           | GET / POST            | FR-A5-10            |
| Config Server payload             | /api/config_server                                    | GET                   | FR-A5-04            |
| I/O 即時值                           | /api/io                                               | GET                   | FR-C                |
| 直接驅動 DO                           | /api/io/do                                            | POST                  | FR-I1-01            |
| 規則                                | /api/rules                                            | GET / POST            | FR-A3               |
| 訊號群組 (Signal)                     | /api/signals                                          | GET / POST            | FR-A3               |
| 動作群組 (Action)                     | /api/actions                                          | GET / POST            | FR-A3               |
| TCP IO                            | /api/tcpio                                            | GET / POST            | FR-A2               |
| Converter 模板                      | /api/converter/template                               | GET / POST            | FR-A2               |
| 授權狀態                              | /api/license                                          | GET                   | FR-A5-03            |
| 授權啟用 / 續約                         | /api/license/activate / /renew                        | POST                  | FR-A5-03 / 11       |
| 授權憑證遞送 (救 outbound 壞設備)           | /api/license/token                                    | POST                  | WI-147              |
| 網頁 Serial Log (v6.0.1)            | /api/log                                              | GET (PERM_ADMIN)      | Phase 6B            |
| 開機診斷 (v6.0.1)                     | /api/diag                                             | GET (PERM_ADMIN)      | Phase 6B            |
| MQTT 測試連線 (v6.0.4)                | /api/mqtt/test                                        | POST (202) / GET (輪詢) | Phase 2E.6a         |
| OTA 上傳 / 伺服器                      | /api/ota/upload / /api/ota/server                     | POST                  | FR-D / FR-A5-08     |
| Modbus 掃描 / Probe / 改 EEPROM / 手寫 | /api/modbus/{scan, probe, eeprom_write, manual_write} | POST                  | FR-A4 / FR-I        |
| 重啟 / 恢復原廠                         | /api/reboot / /api/factory_reset                      | POST                  | FR-A5-09 / FR-H1-01 |

**不存在的端點** (404, 腳本不可引用)：

/api/devices、/api/status、/api/health、/api/version、/api/expansion、/api/tcp\_io、/api/templates。

16

# 附錄 B：操作手冊章節對照

| 出廠測試 Phase         | 操作手冊章節                              |
|--------------------|-------------------------------------|
| Phase 0 連線         | § 6 首次上線流程                          |
| Phase 2A Dashboard | § 8 總覽頁操作                           |
| Phase 2B Config    | § 9 配置頁操作                           |
| Phase 2C Rules     | § 10 規則頁操作                          |
| Phase 2D Devices   | § 11 設備頁與 RS485 操作(含 EEPROM)        |
| Phase 2E Settings  | § 12 設定頁操作                          |
| Phase 3 持久化        | § 14 備份、還原與工廠重置                     |
| Phase 4 H2 DO      | § 9.2 設定 DO1-DO4 輸出                 |
| Phase 4 H3 RS485   | § 11.2a 自訂 Modbus 設備 / § 11.2b 手動寫入 |
| Phase 4 H4 AI      | § 9.3 類比邏輯處理                        |
| Phase 4 H5 DI      | § 9.1 設定 I1-I8 輸入                   |
| Phase 4 H7 多對多     | § 10 規則引擎 + TCP IO                  |
| Phase 6 OTA        | § 13 韌體更新                           |

17

# 附錄 C：PRD v1.2 已知 UI bug 對工站的影響

| Bug ID | 說明                                                                                                           | 影響 Phase                 | 處理方式                                                                                           |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E-01   | Modbus TCP 卡片硬寫 Port 502                                                                                     | Phase 2A.3               | 腳本對 <code>/api/config tcp.port=5000</code> 斷言;UI 文字差異記為 known issue                            |
| E-03   | Rules 卡片 priority 0 缺  徽章 | Phase 2C.3               |  已修(WI-101) |
| E-04   | HTTP server 並發 reset                                                                                         | Phase 2D 全段              | 腳本層序列化 fetch;FR-A5-24 韌體層長期解                                                                   |
| E-06   | Config DO 0-based                                                                                            | Phase 2B.4               |  已修(WI-102) |
| E-07   | baseline 殘留未命名規則                                                                                             | Phase 1.1 / Phase 7      | 由 WI-103 cleanup 處理                                                                            |
| E-08   | Modbus Probe 預設 Slave 3                                                                                      | Phase 2D.3               | UX 改善卡,不擋                                                                                      |
| E-09   | UI「Port 1」vs API <code>busId=0</code>                                                                        | Phase 2D.7 / RS485 Modal | 腳本斷言 API 數值,不對 UI 文字斷言                                                                         |

**已關閉 (False Positive):**E-02 (TCP loading 慢顯示)、E-05 (時間欄位 probe 用錯 selector)。

18

## 文件修訂紀錄

| 日期         | 版本  | 韌體基線   | 變更                                                                                                               |
|------------|-----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2026-08-20 | 2.5 | 6.0.65 | 新增雲端備份/還原閉環(test:backup,4 項)與 ST.15 雲端設定完整性                                                                      |
| 2026-08-20 | 2.4 | 6.0.65 | 新增啟用/停用機制回歸(test:enable,6 項);factory-functional 的 CH_TCP 輸出改用 channelId、MQTT 輔助函式支援 TLS broker;ST.3 判準改為只看已啟用的規則 |
| 2026-08-19 | 2.3 | 6.0.65 | 新增 MQTT Converter 鏈路回歸(test:converter,6 項);新增環境設定檔 factory-env.js 與「換設備要改哪裡」章節;ST.14 環境符合性                       |
| 2026-08-19 | 2.2 | 6.0.65 | 新增「先跑自動化閘門」章節與缺陷對應表;閘門擴充到 29 項(新增 ST.11 TCP 來源不可能條件、ST.12 token 免密碼更新、2F 佔位符殘留);基線自 6.0.8 更新                     |
| 2026-07-16 | 2.1 | 6.0.8  | /api/diag 欄位名對齊實際韌體                                                                                              |