

YC-T-NDC160-4M-RS

負壓脈衝過濾集塵設備

工作原理技術白皮書



YUNG CHANG SHUEN

文件版本	V1.02
文件用途	業主提案、設備評估、教育訓練、技術說明
適用產業	系統櫥櫃、木工加工、板材裁切、開料、CNC 加工或砂光等製程
核心定位	中央式高風量、高靜壓、智能控制之負壓脈衝過濾集塵主機

一、提案摘要

YC-T-NDC160-4M-RS 為針對高風量、高靜壓與多機台集中抽風需求所規劃之負壓脈衝過濾集塵設備。其設計並非單一機台吸塵，而是作為整體產線的中央集塵核心主機，以穩定負壓抽引、袋濾式精密過濾、在線脈衝清灰及智能控制整合，建立長時間連續運轉的粉塵處理解決方案。

對業主而言，本設備不只是環境除塵設備，更與生產穩定性、機台吸塵品質、濾袋壽命、能源管理及安全風險控制密切相關。當系統配置合理並與機台連動風門、變頻邏輯及排灰管理相互配合時，可有效降低現場粉塵飛揚、減少維護停機與改善長期運轉成本。

二、專案背景與應用需求

在系統櫥櫃、板材加工與木工製造現場，裁板、開料、鑽孔、CNC 加工、封邊前修整與砂光等製程會連續產生大量粉塵。此類粉塵同時包含粗木屑、纖維狀碎料與細微懸浮粉末，粒徑分布範圍廣，對集塵系統提出高風量、高靜壓與高容塵能力的要求。

此外，多台設備同時運轉時，若主機能力不足或風量分配不均，常見問題包括：部分吸口吸力不足、支管內沉積增加、濾袋阻力快速升高、現場粉塵逸散與機台端木屑堆積。這些問題不僅影響加工品質，也會提高火災、陰燃與非計畫停機風險。

YUNG CHANG SHUEN

三、設備基本規格與系統定位

設備型號	YC-T-NDC160-4M-RS
設備類型	負壓脈衝過濾集塵設備
處理風量	約 943 CMM
系統靜壓	約 470 mmH ₂ O
風機配置	2 × 500-NTB075A0460-INV
使用動力	2 × 75HP / 55kW
控制與功能	HMI + PLC + VNC / 變頻連動 自動脈衝清灰 智能清灰、料位高位感知 生產機台連動風門 GreCon 火花偵測熄滅裝置

就系統定位而言，本設備屬中央式高風量主機，適用於多機台、多支管與長時間連續運轉工況。其設計重點在於兼顧高負壓抽引能力、濾袋容塵與清灰效率，以及後續智能控制與安全擴充彈性。

四、工作原理總覽

YC-T-NDC160-4M-RS 的工作原理可拆解為五個連續階段：第一，源頭負壓捕集；第二，含塵氣流輸送與預分離；第三，袋濾式精密過濾；第四，脈衝清灰恢復濾材通氣能力；第五，灰斗排灰與系統穩定循環。此五段式架構是中央式袋濾集塵系統的核心。

設備真正的工程價值，在於各階段並非獨立存在，而是互相耦合。當前端吸口設計、管路壓損、濾袋過濾、清灰邏輯與排灰節奏一致時，系統便能穩定維持吸口端負壓與主機端低波動運轉。

五、第一階段：源頭負壓捕集機制

所謂負壓集塵，是利用風機設置於系統末端，於整體風管與吸口內形成低於外界大氣壓的負壓區。當木屑與粉塵於加工點產生時，粉塵會被吸口周邊的捕集氣流即時帶離，再經由支管匯入主幹管送往集塵主機。

此種設計相較正壓輸送更有利於工廠環境控制，因為若局部接口存在洩漏，通常表現為外氣被吸入，而不是粉塵外噴。對中央式木工集塵而言，這種特性有助於降低廠房內二次飛揚與邊角積塵。

在實務上，吸塵效果並非只看名目風量，而要看系統在真實壓損條件下是否仍保有足夠捕集風速。支管長度、彎頭數量、風罩型式、風門開度與濾袋阻力，都會不斷消耗系統壓力，因此高靜壓能力是本設備的關鍵設計基礎。

六、第二階段：含塵氣流輸送與預分離原理

當含塵氣流進入集塵機本體後，首先經歷的是流場轉換與預分離。氣流由相對較小的風管斷面進入較大箱體後，依據流體連續原理，在風量固定條件下，流速將降低，部分較大顆粒木屑會因重力與慣性逐步失去懸浮能力。

除了流速下降帶來的沉降效果外，氣流於箱體內通常需重新分配流向，氣體本身可跟隨流線轉向，但較大木屑或纖維狀顆粒因動量較高，不易立即轉向，因而容易撞擊內壁、導流板或直接失速滑落至灰斗。這種現象即為慣性預分離。

預分離的實際效益非常重要。它能降低粗木屑直接衝擊濾袋所造成的磨耗，減少局部堵塞與不均勻積灰，也使後段濾袋區主要處理較細微粉塵，提升整體過濾穩定性。

七、第三階段：袋濾式精密過濾機制

經預分離後，較細微之懸浮木粉仍會隨氣流進入濾袋區。袋濾式系統的過濾，不是單靠布面孔隙像篩網般機械阻擋，而是由濾材纖維本體攔截與濾袋表面粉塵層共同完成。

在設備剛啟動時，主要由纖維結構攔截粒子；隨著運轉時間增加，濾袋表面逐步形成穩定粉塵層，這層粉餅會進一步提升對細微粉塵的攔截能力。因此，袋濾系統對於同時存在粗木屑與細微木粉的工況，具有很高的適應性。

然而，粉塵層並非越厚越好。當濾袋表面積灰過多時，壓差會持續上升，進而降低吸口端風量、增加風機負荷並提高能耗。因此，如何在過濾效率與壓損控制之間取得平衡，便成為袋濾系統穩定運轉的關鍵。

八、第四階段：脈衝清灰工作原理

為了避免濾袋表面粉塵層持續增厚，YC-T-NDC160-4M-RS 採用脈衝在線清灰系統。其基本原理是以短時間高壓壓縮空氣，瞬間注入濾袋上方清灰管路，使濾袋產生短暫膨脹與抖動，藉此破壞附著在表面的粉塵層。

當粉塵層受到逆向脈衝與袋體形變作用後，附著結構被破壞，脫落的粉塵便在重力作用下落入灰斗。相較於停機敲擊或機械震動，脈衝清灰可於運轉中在線進行，能有效維持系統總風量與連續生產能力。

若再配合壓差監測或智能清灰邏輯，清灰週期即可依濾袋實際負載調整，避免過度噴吹造成濾袋疲勞，也避免清灰不足造成壓差過高。這種控制方式對大型中央式主機尤其重要。

九、第五階段：灰斗排灰與流場穩定

脈衝清灰後脫落的木屑與粉塵，最終集中於灰斗區。灰斗的功能不只是承接粉塵，更與主機內部流場穩定密切相關。若灰斗積料過高，可能造成已脫落粉塵被再度帶起，導致濾袋下方流場擾動與清灰效果下降。

因此，大型袋濾式主機必須將灰斗容量、排灰效率、料位偵測與清灰節奏視為同一系統設計的一部分。YC-T-NDC160-4M-RS 配置料位高位感知，即是為了讓業主能提早掌握積料狀態，避免排灰延誤造成的連鎖效應。

十、雙風機與變頻控制的工程意義

本設備採雙風機與變頻連動控制，其價值不僅在於提供更高風量，更在於為中央式集塵系統建立更大的運轉彈性。雙風機架構可因應不同製程負載變化，分攤單機負荷，並為節能控制、備援策略與部分工況調節提供更高自由度。

變頻控制則可依實際開機台數、支管風門開啟比例與系統壓差需求，動態調整風機轉速，避免長時間以固定滿載方式運行。此舉能同時改善吸力穩定性、降低耗電、減少啟停衝擊與控制運轉噪音。

在木工產線中，若所有機台並非全天候同時滿載，變頻調節的節能效益通常十分明顯。更重要的是，風量分配會更貼近製程實際需求，使局部吸口不足與過抽現象同時減少。

十一、智能控制與系統整合價值

YC-T-NDC160-4M-RS 的 HMI、PLC 與 VNC 架構，代表其已從傳統被動型集塵設備提升為可視化、可監測、可維護的智能設備。操作人員可即時掌握風機運轉、清灰狀態、料位訊號、異常警報與變頻輸出情形，提高現場管理效率。

PLC 邏輯則可進一步整合風機起停、清灰時序、風門連動、設備保護與警報聯鎖，讓系統由單純抽風設備升級為產線協同的一部分。當再結合 VNC 遠端監看時，業主或維護團隊可更快進行異常判讀與參數調整，降低等待維修的時間成本。

十二、安全管理與風險控制

木工粉塵雖廣泛存在於產線中，但其安全風險不容忽視。刀具摩擦、異物切削、軸承異常、熱源進入與灰斗積熱，皆可能造成火花或陰燃顆粒進入系統。若缺乏良好前端管理、排灰管理與後續保護，風險將沿管路與主機擴大。

本案具備 GreCon 火花偵測熄滅裝置，顯示系統已考量後續安全升級整合。此外，設備與管路完整接地、平台周邊定期清潔、風機與軸承溫度巡檢、壓差異常即時處理、排灰系統保持暢通，皆屬不可忽略的基本工程管理要求。

十三、導入效益分析

導入 YC-T-NDC160-4M-RS 後，最直接的效益是現場粉塵控制品質提升。當機台端吸口能持續保有足夠負壓，木屑外散、粉塵飛揚與設備周邊堆積將明顯減少，生產環境與清潔負擔同步改善。

第二項效益為設備穩定性與維護效率提升。脈衝清灰、料位感知與智能控制可減少濾袋快速堵塞與排灰異常所導致的效能衰退，讓系統維持更長的穩定運轉區間。

第三項效益則是能源管理改善。透過雙風機與變頻連動控制，系統可依實際製程需求分配風量，避免不必要的滿載運轉與電力浪費，為長期運營成本帶來更有感的優化空間。

十四、建議運轉與維護 SOP

階段	建議操作內容	管理目的
開機前	檢查風機、空壓、料位、風門與保護訊號是否正常。	確保系統可安全啟動並避免異常帶病運轉。
運轉中	監看壓差、變頻頻率、清灰動作與各支管吸力。	維持穩定集塵效果並及早發現偏差。
日常巡檢	檢查灰斗、脈衝閥、排灰裝置、異音異味與局部漏氣。	預防小異常演變為停機故障。
定期保養	檢查濾袋磨耗、風機振動、軸承溫度、接地完整性。	延長設備壽命並維持安全條件。
異常處理	出現壓差急升、吸力不足、排灰不良時立即停機檢查。	降低故障擴大與安全風險。

建議業主將上述 SOP 納入日常管理看板或教育訓練文件，並與機台開停機、排灰週期及保養制度聯動，以確保集塵系統在長時間運轉下維持穩定與可追溯性。

十五、結論

YC-T-NDC160-4M-RS 負壓脈衝過濾集塵設備，是一套以高靜壓負壓抽引、袋濾精密過濾、在線脈衝清灰、智能控制整合與安全升級彈性為核心的中央式工業集塵解決方案。

它的價值不在於單一規格數字，而在於能否將吸口捕集、風管輸送、主機預分離、濾袋過濾、清灰恢復、灰斗排灰與控制監測整合為一個穩定運作的系統。對木工與系統櫥櫃產線而言，這正是集塵設備能否長期發揮效果的根本差異。

因此，若業主於設備導入階段同步完成吸口配置、風管壓損、排灰管理、變頻策略與日常維護 SOP 規劃，YC-T-NDC160-4M-RS 將不僅是一台集塵主機，更可成為支撐產線穩定、環境品質、安全管理與節能成效的重要工程基礎。

