

Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry : 紙漿、造紙與回收紙脫墨用纖維素酶

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry 是用於紙漿與造紙系統的纖維素酶，可在受控條件下改質纖維表面、細料與外部微纖維，協助回收紙脫墨、排水改善、精磨支援與纖維性殘渣處理。它的目的通常不是把可造紙纖維完全水解成糖，而是讓既有洗滌、浮選、精磨、脫水或殘渣轉化流程更容易運作。Enzymes.bio 供應此類紙漿與造紙用纖維素酶，產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

產品定位：紙漿與造紙用的受控纖維改質酵素

纖維素酶在紙漿與造紙產業中的定位，應理解為「生物製程助劑」而不是單一設備或完整製程替代方案。紙漿纖維主要由纖維素、半纖維素與木質素相關結構組成；其中纖維素構成纖維骨架，也是纖維素酶可作用的主要多醣基質。用於造紙時，纖維素酶通常被導入含水紙漿系統，接觸纖維表面、細料、受損纖維片段與較容易進入的非晶纖維素區域，藉此改變纖維與水、油墨、細料及機械處理之間的互動。^[1]

在多數造紙應用中，纖維素酶的價值不在於「強力分解」紙漿，而在於「有限、可控、表面層級」的纖維調整。若處理過度，纖維可能失去長度、結合能力或成紙強度；若處理不足，則可能看不出明顯製程效益。因此，紙漿與造紙用纖維素酶較適合用於特定目標，例如提升回收紙油墨剝離、改善濕端排水、降低細料保水、支援精磨反應，或在紙泥與纖維性殘渣中促進後續資源化。

Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是檢測實驗室。此產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要明確採購單位與文件隨貨交付的 B2B 使用情境；訂單隨附 CoA 與 SDS，有助於企業內部進行收貨、倉儲、安全與品質文件管理。本文以技術教育角度說明纖維素酶在紙漿與造紙中的用途、機制與限制，不將其描述為固定效果或一體適用的萬能解決方案。

作用機制：纖維素酶如何改變紙漿纖維行為

纖維素酶是一類可水解纖維素 β -糖苷鍵的酵素系統；在紙漿中，它通常先作用於較容易接觸的纖維表面與非晶區，而不是均勻穿透並分解整根纖維。紙漿纖維具有結晶與非晶並存的結構，結晶區排列緊密、可及性較低，非晶區與纖維表面鬆散部位則較容易被水與酵素接近。這種可及性差異，是纖維素酶能夠在適度條件下達到表面改質，而不必然造成整體纖維崩解的關鍵。

在微觀層次上，纖維素酶可削弱外部微纖維、細料與受損纖維表面的部分纖維素鏈段，使纖維表面粗糙度、膨潤行為與保水能力發生變化。當外部微纖維與細料的水分保持能力降低，紙漿網絡中的自由水較容易排出；當油墨附著位置附近的纖維素結構被輕度鬆動，油墨顆粒也較容易在後續洗滌或浮選中離開纖維表面。這些變化通常是增量式製程改善，而不是單一步驟即可完成脫墨或脫水。^[1]

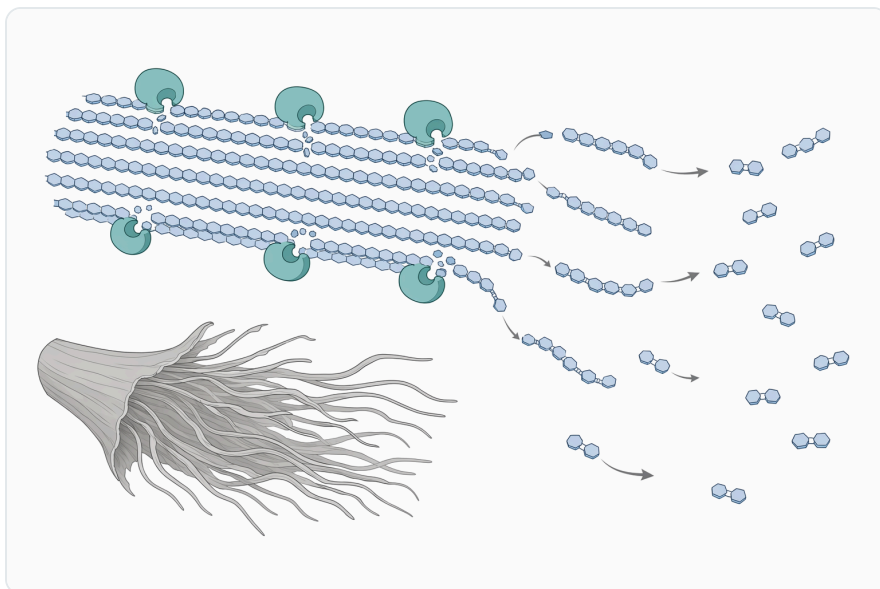


Figure 1. 纖維素酶會先作用於容易接觸的纖維素表面、原纖維、細小纖維與非晶區域，而不是均勻消化整個纖維壁。

纖維素酶的實際表現會受到漿種、纖維來源、回收次數、纖維老化、細料比例、前段化學品、溫度、pH、停留時間與攪拌狀態影響。硬木化學漿、軟木漿、機械漿、辦公廢紙、新聞紙回收漿與紙泥殘渣的纖維表面狀態並不相同，因此不應假設相同添加方式會產生相同結果。紙漿與造紙用纖維素酶的合理使用邏輯，是將其視為調整纖維可及性與界面行為的工具，再與既有單元操作銜接。

主要應用一：回收紙與辦公廢紙脫墨

回收紙脫墨是纖維素酶在造紙產業中常被討論的應用之一。印刷油墨可能以顆粒、膠黏物或樹脂性成分附著在纖維表面，也可能被細料包覆或嵌入纖維毛羽結構中。纖維素酶可對油墨附著區附近的纖維表面與微纖維進行有限水解，使油墨顆粒更容易鬆動，再透過洗滌、篩選或浮選系統移除。這種機制說明了為什麼纖維素酶常被視為脫墨系統的前段輔助，而不是浮選槽、洗滌設備或界面活性劑的完整替代品。^[1]

在辦公廢紙、混合廢紙或含印刷塗佈材料的再生紙系統中，酵素處理的重點是提高油墨與纖維分離的機會，同時避免對可再造紙纖維造成過度損傷。若纖維素酶作用過深，可能產生過多細料或降低纖維結合性能；若作用過淺，則油墨仍可能殘留在纖維表面。因此，脫墨應用的關鍵不是追求最大水解，而是讓纖維表面被改質到足以配合後續物理分離。

相較於單純依賴較強化學條件，酵素脫墨支援的吸引力在於其底物專一性與較溫和的作用特性。公開產業資料也將酵素技術描述為紙漿與造紙產業邁向環保與高效率的重要工具之一，特別是在減少嚴苛處理、改善製程效率與提高資源利用方面具有應用意義。對紙廠而言，纖維素酶的實際價值通常取決於它是否能與現有碎漿、洗滌、浮選與白水管理流程形成可觀察的整體改善。^[1]

主要應用二：排水改善、白水細料與濕端穩定

排水速度與濕端穩定性是造紙製程中的核心操作問題。細料、外部微纖維與高度膨潤纖維會增加紙漿網絡的保水能力，使水分在網部與壓榨前段不易釋放。纖維素酶可選擇性作用於這些較容易接觸的纖維素部位，降低部分細料造成的阻水與保水效應，進而協助改善濕紙幅形成後的脫水表現。

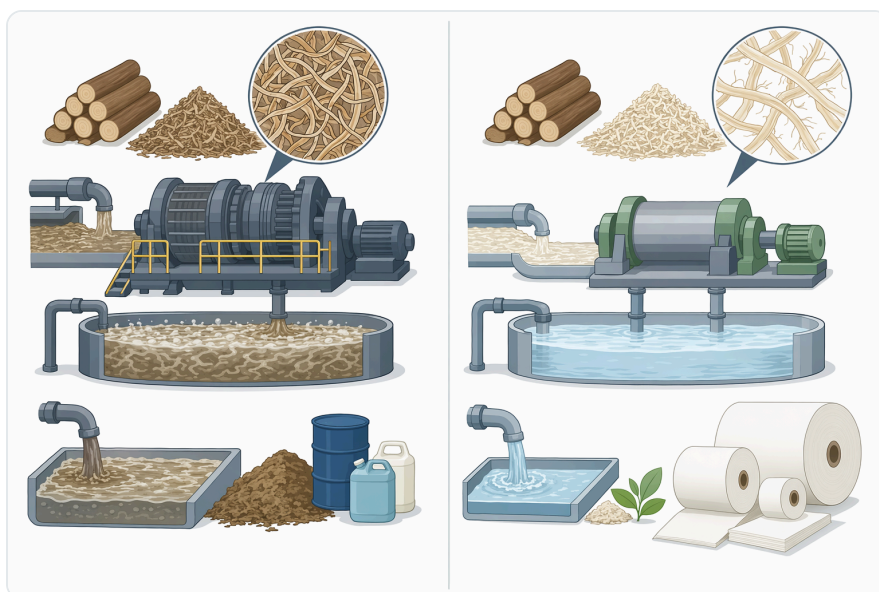


Figure 2. 造紙工業中纖維素酶的應用，從輕度的纖維表面改質到為釋放糖分而進行的強力水解皆有，並對應不同的製程目標與風險程度。

這類排水改善並不等於纖維素酶會「抽走水分」；真正的機制是改變纖維表面與細料的水分保持結構，使水在機械脫水時更容易離開纖維網絡。當外部微纖維過度發達或細料累積過高時，濕端系統可能出現排水慢、白水負荷增加、留著與濾水平衡困難等問題。纖維素酶可作為調整纖維細部結構的工具之一，但其效果仍需與助留、助濾、白水循環與紙機運轉條件一起理解。^[1]

在實務判斷上，排水應用應避免只用單一指標解讀效果。纖維素酶可能改善濾水，但若處理過度，也可能增加微細化、影響紙張強度或改變濕端化學平衡。因此，合理定位是「協助濕端操作最佳化」，而非保證在所有漿種、所有紙機與所有化學系統中皆產生相同幅度改善。這種務實觀點有助於避免將酵素技術過度商品化或神化。

主要應用三：精磨支援與纖維表面改質

精磨的目的通常是提高纖維柔軟性、外部細纖維化與纖維間結合潛力，但精磨同時也會消耗能量，並可能造成纖維切斷或過度細料化。纖維素酶可在特定條件下改變纖維表面的可及性與反應性，使纖維更容易對後續機械作用產生反應。這種應用應被稱為精磨支援或纖維表面預調整，而不是取代精磨設備。

其機制可理解為：酵素先在纖維表面與非晶區造成有限鬆動，降低部分外層結構的阻抗，後續機械作用便可能更有效地改變纖維形態。對某些紙種而言，這有助於在維持成紙性能的前提下調整精磨負荷；對另一些系統而言，若纖維已經高度受損或回收多次，過度酵素處理反而可能使細料增加。因此，精磨支援應以纖維狀態與成紙要求為核心，而不是把酵素添加視為孤立變數。^[1]

在 B2B 技術溝通中，這一點尤其重要。紙廠真正關心的是紙張強度、排水、成形、能耗、機台運轉與品質穩定，而不只是酵素本身是否能水解纖維素。纖維素酶的價值來自它能否在某個製程位置造成有利的纖維界面變化，並讓下游單元操作獲益；若沒有與精磨、稀釋、儲漿、成形或脫水流程銜接，就不容易轉化為實際效益。

主要應用四：紙泥、細料與纖維性殘渣價值化

紙廠除了主線造紙，也會產生紙泥、篩渣、白水細料、回收纖維殘渣與其他含纖維素副產物流。當目標從「保留纖維成紙性能」轉為「分解纖維素並促進資源化」時，纖維素酶可被用於更深入的水解方向，例如釋放可利用的醣類、提高後續生物轉化或協助廢棄物流再利用。這類用途與正常造紙主線不同，因為主線造紙通常不希望纖維被過度分解。^[1]

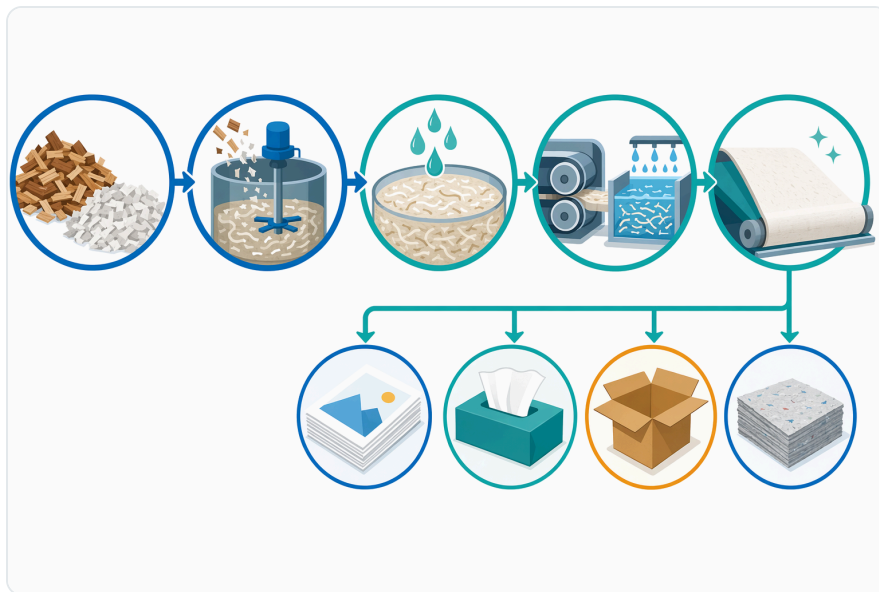


Figure 3. 在回收紙脫墨過程中，纖維素酶會先鬆動富含纖維素的油墨附著位點，之後再透過洗滌或浮選去除已釋放的顆粒。

因此，紙漿與造紙用纖維素酶需要依用途區分處理深度。若目標是回收紙脫墨、濾水或精磨支援，通常偏向短時間、輕度、表面性的改質；若目標是殘渣價值化，則可能需要更完整地打開纖維素結構，使其進入後續轉化流程。兩者的評估重點不同，前者看重成紙性能與製程穩定，後者看重殘渣轉化效率與資源回收潛力。

不同應用目標的機制與注意重點比較

應用場景	主要作用位置	期望製程效益	需要避免的風險
回收紙脫墨	油墨附著附近的纖維表面、微纖維與細料	讓油墨更容易在洗滌或浮選中分離	過度水解造成纖維損傷或細料增加
排水與白水管理	外部微纖維、鬆散細料、膨潤纖維表層	降低部分保水與阻水效應，支援濕端脫水	影響濕端化學平衡或成紙強度
精磨支援	纖維表面非晶區與可接觸鏈段	提高纖維對機械處理的反應性	將酵素誤解為精磨設備替代品
紙泥與殘渣價值化	紙泥、篩渣、回收纖維殘留中的纖維素	促進後續水解、糖化或生物轉化方向	與主線造紙目標混淆，導致可用纖維被破壞

此比較表顯示，同一類纖維素酶在不同場景中可能服務完全不同的製程目的。造紙主線的核心通常是「保留纖維、改善操作」，殘渣價值化則可能是「分解纖維、釋放可轉化成分」；若未區分這兩種方向，就容易對酵素處理深度做出錯誤判斷。

與其他造紙酵素的角色差異

造紙產業中不只使用纖維素酶，也可能使用半纖維素酶、木聚糖酶、澱粉酶、脂肪酶、漆酶或其他酵素。纖維素酶的主要基質是纖維素，因此特別適合處理纖維表面、細料與微纖維相關問題；半纖維素酶與木聚糖酶更偏向半纖維素結構；澱粉酶常與澱粉相關沉積或表面施膠系統有關；脂肪酶則常被討論於樹脂、膠黏物或疏水性污染物控制。這些酵素的作用點不同，不能簡單互相替代。^[1]

對纖維素酶而言，最重要的限制是它直接作用於造紙纖維的主要骨架材料。這使它具有高度實用性，也使它需要更謹慎地控制處理程度。相較於只作用於非結構性污染物的酵素，纖維素酶若使用不當，更可能影響纖維長度、得率、細料生成與紙張強度。因此，在技術文件中，將纖維素酶描述為「受控纖維改質工具」會比描述為「強力分解劑」更符合造紙應用的實際需求。

製程整合：從酵素作用到紙機效益的連結

纖維素酶需要在含水系統中與纖維接觸，才能發揮作用。實務上，它可能被安排在碎漿後、脫墨前、洗滌前、精磨前後，或殘渣處理流程中；不同位置會導致不同的結果。若目標是脫墨，酵素處理應與後續油墨移除單元銜接；若目標是排水，則應關注濕端與網部脫水；若目標是精磨支援，則應關注纖維形態與成紙性能。

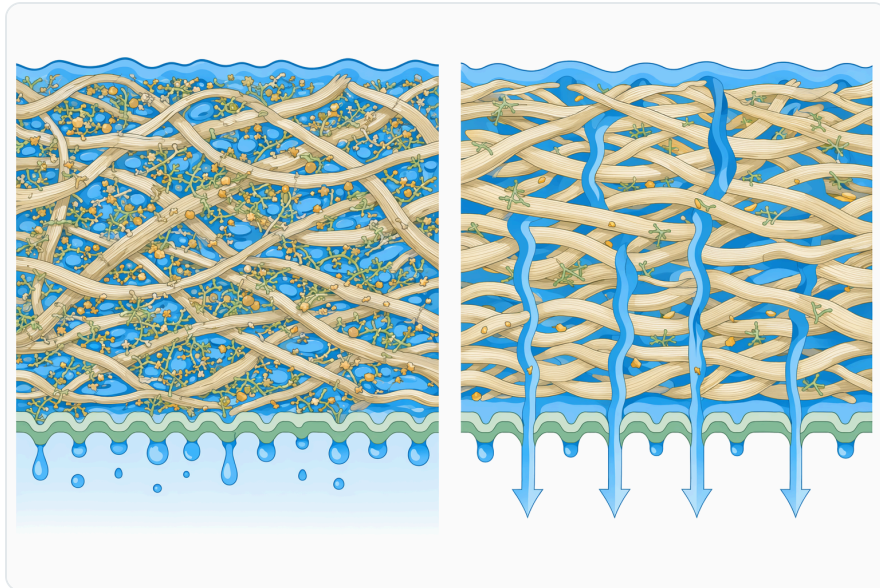


Figure 4. 纖維素酶可改變細小纖維、原纖維、纖維膨潤與孔隙結構，進而影響濾水性與保水性。

酵素技術被重視的一個原因，是它可在相對溫和條件下對特定底物發生作用，具有降低部分嚴苛化學處理、提升製程效率與改善環境表現的潛力。紙漿與造紙產業長期面對能源、水、化學品與廢棄物流壓力，因此能在既有流程中提供選擇性改質的酵素技術，自然受到關注。不過，酵素並不會讓複雜紙機系統變得單一變數化；它仍需要與原料、設備、化學品與操作條件共同評估。^[1]

對採購與使用端而言，產品文件與安全文件是導入時的基本管理資料。Enzymes.bio 線上供應的纖維素酶產品以 1 kg 單位販售，CoA 與 SDS 隨訂單提供；這有助於使用者在收貨後進行內部文件歸檔與安全管理。本文不提供活性單位、等級或檢測方法描述，因為這些資訊應以訂單隨附文件與實際產品資料為準。

效益、限制與風險邊界

纖維素酶的主要效益包括：協助油墨從回收纖維表面鬆脫、改善細料與微纖維造成的保水問題、支援精磨前後的纖維反應、降低部分製程負荷，以及在紙泥或纖維性殘渣中促進資源化方向。這些效益共同指向一個核心概念：纖維素酶不是單獨創造紙張品質，而是透過改變纖維界面狀態，讓既有製程更容易達成目標。

限制同樣需要明確。纖維素是紙張強度與纖維骨架的重要來源，若纖維素酶作用過度，可能降低纖維長度、增加細料、影響纖維間結合或造成得率損失。若原料中木質素、塗佈成分、膠黏物或化學殘留阻礙酵素接觸，則效果也可能受限。這也是為什麼纖維素酶應被視為可控工具，而非任何漿料都能獲得相同結果的通用添加物。^[1]

此外，纖維素酶不是主要漂白化學品，也不是專門去除木質素的酵素。它可能在某些複合酵素或前處理策略中協助改變纖維表面，使後續處理更容易進行，但不應被描述為單獨取代漂白段的工具。對紙廠而言，準確界定纖維素酶的角色，有助於設定合理目標：脫墨、排水、精磨支援與殘渣處理是較直接的應用方向；漂白輔助則需依搭配技術與製程目的審慎看待。



Figure 5. 纖維素酶在紙漿與造紙中的應用包括脫墨、白水細小纖維控制、助濾、輔助打漿、生物漂白輔助、奈米纖維素製備，以及污泥資源化。

Enzymes.bio 供應資訊與文件交付

Enzymes.bio 供應 **Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry** 作為紙漿、造紙與回收纖維相關應用的纖維素酶產品。產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要明確小包裝單位與線上採購流程的企業使用情境；訂單完成後依線上流程處理與出貨，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

在技術定位上，這類產品最適合被納入具體製程目標中思考：回收紙脫墨時，目標是提高油墨與纖維的分離機會；排水應用時，目標是調整細料與外部微纖維的保水行為；精磨支援時，目標是改善纖維對機械處理的反應；殘渣價值化時，目標則是提高纖維素進一步轉化的可能性。不同目標下，纖維素酶的成功指標並不相同。

結論：纖維素酶是紙漿與造紙中的精準生物製程助劑

Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry 的核心價值，是在受控條件下改變纖維表面、細料、外部微纖維與非晶纖維素區域，使回收紙脫墨、排水、精磨支援與殘渣處理等製程更容易進行。它不是用來無差別分解所有紙漿纖維，也不是脫墨設備、精磨設備或漂白化學品的完整替代品；正確定位應是可與既有紙漿與造紙單元操作銜接的纖維改質工具。^[1]

對 B2B 使用者而言，最務實的理解方式是：纖維素酶透過選擇性水解可接觸纖維素，改變紙漿系統中的界面行為，進而影響油墨剝離、水分排出、細料管理與纖維反應性。當製程目標清楚、處理程度受控、後續單元操作能承接其效果時，纖維素酶可成為紙漿與造紙產業邁向更高效率與更環境友善操作的有用工具。Enzymes.bio 以 1 kg 單位線上供應此產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS。

線上訂購 Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry

以 1 kg 單位販售，現貨供應，可立即出貨。請直接於我們的線上商店下單並付款，我們將為您處理訂單。每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

[購買 Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry →](#)

參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

- [1. %E9%85%B6%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%8A%A9%E5%8A%9B%E7%B4%99%E6%Bc%Bf%E5%92%8C%E9%80%A0%E7%B4%99%E5%B7%A5%E6%A5%Ad%E9%82%81%E5%90%91%E7%92%B0%E4%Bf%9D%E9%Ab%98%E6%95%88%E6%96%B0%E6%99%82%E4%Bb%A3. Geneonline.](#)


聯絡 Enzymes.bio


對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。


電子郵件 wholesale@enzymes.bio

電話 (美國) **+1 (507) 428-6057**

[聯絡我們 →](#)

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。