

迴圈利用工藝在工程系統物質流優化中的應用研究

在資源約束日益加劇和環境壓力不斷增加的背景下，工程系統中物質流的高效利用已成為實現可持續發展的關鍵問題。傳統工程系統多採用線性“資源開採—產品生產—廢棄處理”的運行模式，導致大量可回收物質未被有效利用，不僅加劇資源消耗，也增加了環境負荷。引入迴圈利用工藝，通過優化工程系統中的物質流路徑，實現資源的多次利用和價值延伸，是提升工程系統整體效率的重要方向。

工程系統物質流通常涉及原料投入、產品產出、副產物生成及廢棄物排放等多個環節，各環節之間存在複雜的耦合關係。迴圈利用工藝通過在系統內部或系統之間建立物質回流通道，將副產物或廢棄物重新引入生產過程，從而減少原生資源需求和廢棄物排放。然而，迴圈利用工藝的引入會改變系統物質平衡和運行特性，可能帶來物流組織複雜化、能耗變化及運行穩定性問題。因此，有必要從系統工程角度對迴圈利用工藝在物質流優化中的作用機制進行深入分析。

本文圍繞工程系統物質流優化需求，研究迴圈利用工藝的系統集成與應用方法。通過構建工程系統物質流模型，分析不同迴圈利用工藝配置下的物質流分佈特徵及優化潛力。在此基礎上，引入物質流效率和系統約束條件，提出面向迴圈利用工藝的物質流優化方法，並通過典型工程系統案例對方法的有效性進行驗證。研究結果表明，合理引入迴圈利用工藝可顯著提升物質利用效率，降低廢棄物產生量，同時保持系統運行的穩定性。

本研究為工程系統中迴圈利用工藝的應用提供了系統化分析方法和工程實踐參考，有助於推動工程系統從線性模式向迴圈模式轉變，促進資源高效利用和

工程系統的可持續發展。