

工業內窺鏡在風電行業的應用

南京安維士傳動技術股份有限公司／吳明明



一、引言

近年來，隨著人們對風力發電越來越重視，風電產業迅猛發展。風力發電齒輪箱又叫增速機，具有結構緊湊、效率高、體積小、重量輕、傳遞功率大、負載能力高、傳動比範圍大的特點。其結構複雜，各部件關聯度高，其中行星輪系佈置極其緊湊，太陽輪少量浮動，以此提高製造裝配精度來達到均衡載荷的目的。但是這樣結構設計給檢測工作增加了很大難度。箱體也是封閉式包圍結構，齒輪箱中若因衝擊載荷、超載、或產品品質問題產生硬金屬顆粒或碎片都可能導致齒輪嚴重磨損，甚至出現斷齒斷軸，軸承損壞等嚴重問題。因此對風電齒輪箱故障的早期預防是風機日常維護及延長風機使用壽命的重要一環，工業內窺鏡的出現為齒輪箱故障檢測工作提供了一種新的手段。

工業內窺鏡已經廣泛的應用在汽車製造、化工生產等多個領域，在風電領域的應用也得到了很大的發展。利用內窺鏡攜帶的探頭我們能夠清晰的捕捉渦輪發動機、化工管道、壓力容器、風車齒輪箱、水下建築等內部詳細清楚的圖像資料，對於風電齒輪箱傳動鏈內部的軸承滾道、滾子都能清晰的檢測。探頭捕捉到的圖像可以通過掌上型儀器進行顯示、拍照和錄影。人工檢測無法完成的可以通過內窺鏡來實現，工業內窺鏡極大的預防了風電齒輪箱早期

故障的爆發。

二、工業內窺鏡產品介紹

目前，市場上工業內窺鏡產品種類較多，性能參差不齊。在此為大家介紹一款高品質、高性能、集多種功能於一體的工業內窺鏡，如圖1所示為日本RF工業內窺鏡VJ-ADV系列新款多功能可攜式工業內窺鏡：



▲ 圖1 日本RF工業內窺鏡

日本RF工業內窺鏡VJ-ADV是舊有型號VJ-STR的升級版，保持原來功能不變並增加了更多功能內視鏡，工業內窺鏡，管道內窺鏡，電子內窺鏡，可攜式內窺鏡，電子視頻工業內窺鏡，高清視頻內窺鏡，小口徑高清視頻內窺鏡，前端探頭360°可旋轉內窺鏡。

主要特點：

- (1) 重量僅480g，手持便攜設計，超小超輕。
- (2) 採用世界先進技術新式操作杆設計，探頭360度可任意旋轉。
- (3) 採用金屬絲制纜線，提高耐磨性，延長使用壽命。
- (4) 搭載拍照閃光功能，鏡頭數碼變焦，使被測物更清晰呈現。
- (5) 線彎曲形狀記憶保持，防油防水設計。
- (6) 探頭前段搭載4顆超亮白色LED，提供5個等級光量調節，降低光量產生。
- (7) 存儲卡替代傳統硬碟即時記錄.提供PC,VTR等多種外接埠。
- (8) 集拍照，錄影功能於一體，使檢測更加便利。
- (9) 功耗低，僅2.5w，連續工作時間可達2小時。
- (10) 3.5寸TFT液晶畫面即時顯示，自帶視頻播放/暫停/前進/慢放等操作功能。
- (11) 通過麥克風可進行聲音錄製，適用於檢測時備註檢測情況。

三、工業內窺鏡應用介紹

這裡主要介紹內窺鏡在風電行業的使用，特指對風電齒輪箱的檢測（圖2所示）。風電齒輪箱不管是裝配結束後試車還是上天並網發電使用，不論是沒有異常的齒輪箱還是發生早期故障跡象的齒輪箱，在進行內窺鏡檢測時都必須按照嚴格的流程對每一個齒面，每一個軸承進行認真的檢測，特別是對軸承滾子和滾道的檢測更要細緻。為保證檢測結果的正確可靠性，使用時對內窺鏡焦距的調節很重要，特別在進行齒輪齒面檢測時，需選取合適的焦距進

行局部取景和齒面整體取景。下面分別通過內窺鏡對風電齒輪箱齒輪齒面檢測和軸承檢測來詳細介紹內窺鏡的應用。

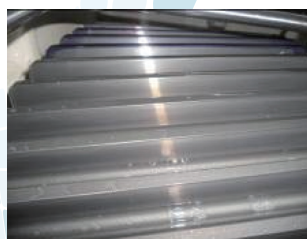


▲ 圖2 風電齒輪箱

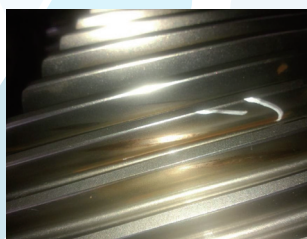
1. 工業內窺鏡檢測風電齒輪箱齒輪

打開風電齒輪箱行星級和平行級的視孔蓋，我們會發現平行級大部分齒面可以通過肉眼直視，檢測人員用高圖元相機即可捕捉齒面圖像，但是對於行星級行星輪、太陽輪、內齒圈的檢測，通過肉眼很難實現必須通過內窺鏡檢測。因此內窺鏡檢測風電齒輪箱齒面主要還是對行星級齒面的檢測。

風電齒輪箱齒輪件的故障率占到了整個齒輪箱故障率的百分之六十，故障形式也是多種多樣，包括初期的微動磨損、表面的點蝕、凹坑及嚴重磨損甚至斷齒。正常齒輪齒面（圖3所示），齒輪箱鎖緊後由於風機葉片擺動容易在齒面嚙合區形成黑線（圖4所示），黑線的本質可以看成是一種微動磨損；齒面在長期嚙合受力過程中形成細小的裂紋，潤滑油進入裂紋受到擠壓造成齒面的剝落，剝落面進一步擴大發展形成凹坑（圖5所示）；材料強度不足及熱處理工藝不合格是造成斷齒（圖6所示）的主要原因。



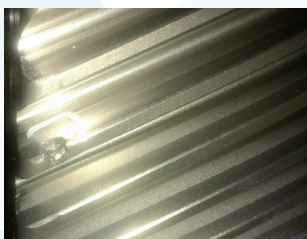
▲ 圖3 正常齒面



▲ 圖4 齒面黑線



▲ 圖5 齒面凹坑



▲ 圖6 斷齒

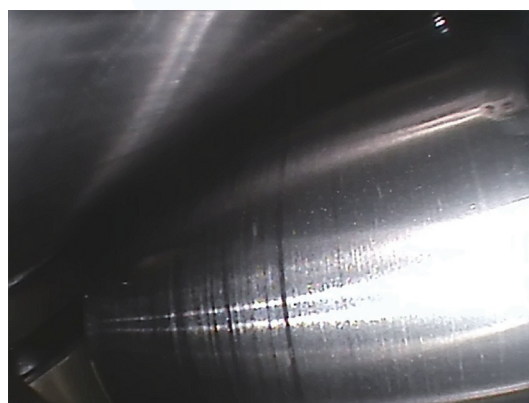
2. 工業內窺鏡檢查風電齒輪箱軸承

風電齒輪箱用軸承包括滾子軸承、球軸承，其中滾子軸承包括圓柱滾子軸承、圓錐滾子軸承等分別以單排滾子及雙排滾子的形式出現。對軸承的檢測人工人眼根本無法實現，必須借助4mm探頭的工業內窺鏡來實現。對軸承的檢測包括對軸承滾子表面的檢測、軸承滾子內外圈滾道的檢測及對保持架的檢測。正常工作的軸承滾子和滾道之間有一層潤滑油膜來保證齒輪箱的正常運行，如果由於潤滑不良或是滾道裡進入了金屬顆粒破壞了潤滑油膜造成滾子和滾道的直接接觸，那就會造成軸承的損壞。正常軸承（圖7所示），早期潤滑不良容易造成滾子和滾道間磨損加劇（圖8所示）；滾子在高速運轉的工況下表面形成裂紋，潤滑油進入裂紋擠壓形成表面點蝕（圖9所示）；電機運轉產生的電流擊穿潤滑油膜容易造成滾子及滾道表面的電腐蝕損傷（圖10所示）；軸

承外圈斷裂是軸承最嚴重故障，能直接導致齒輪箱卡死停機（圖11所示）。



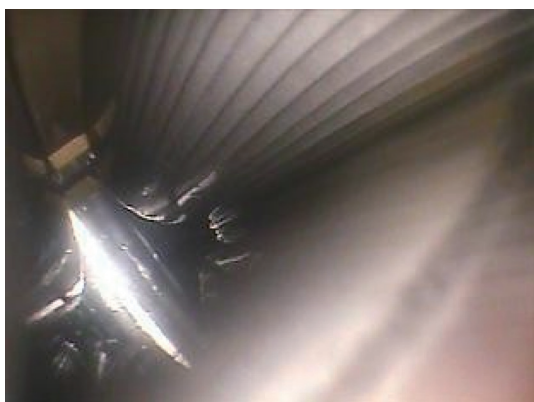
▲ 圖7 正常軸承



▲ 圖8 軸承滾子磨損



▲ 圖9 軸承滾子點蝕



▲ 圖10 軸承滾子、滾道嚴重電腐蝕



▲ 圖11 軸承外圈斷裂

應用工業內窺鏡檢測風電齒輪箱，需要深入到齒輪箱內部深處進行檢測，操作人員不但要具備在現場長期的使用經驗，往往還需要用一根硬質通管來固定內窺鏡插入管線纜，以此來穩定取像的角度，得到有用可靠的照片。

四、結語

回顧近些年風電行業的總體發展情況，可以看出，國家從多個方面都在對風電行業進行有力的支援並已初步顯現出成效，各企業和業內人士也均對今後風電發展的勢頭增添了更多的信心。風電能夠帶動各地區傳統能源消費

比重的逐漸下調，風電產業的發展狀況對於國家能源結構的調整意義重大。困擾我國多個地區的霧霾若要從根本上加以解決，風電必將是最為關鍵的環節之一。風電有望成為霧霾的剋星，與光伏、燃氣等一起為清潔能源行業的發展壯大做出積極貢獻。

隨著我國風力發電事業的大規模裝機發展，以及目前在全國各地風場並網發電運轉的幾萬台風力發電機組日常維護的需要，工業內窺鏡將在風電齒輪箱檢測領域發揮無可替代的作用。只有應用包括工業內窺鏡在內的先進檢測設備，檢測手段，才能有力的保障風力發電機組的長期健康的運行，才能使它們在惡劣的工况下達到20年設計使用壽命的最終目標。高速發展的風電行業在為人類創造用之不竭的清潔能源的同時，也帶動了一系列相關行業和產品的騰飛，工業內窺鏡正是抓住這一機遇，搭載這一騰飛的翅膀，去迎接更為廣闊的市場，不斷發展，不斷壯大。

☒ 參考文獻

1. 日本RF工業內窺鏡產品說明書
2. 風機齒輪箱故障原因分析 <http://www.chinaqking.com/yc/2012/285647.html>
3. 滾動軸承常見的故障形式及失效原因分析 <http://www.3721bearing.com/technology/show-412664.html>