

電渦流傳感器 在汽輪機上的應用

振聯科技有限公司 / 凌強



一、前言

汽輪機是一種以蒸汽為動力，並將蒸氣的熱能轉化為機械功的旋轉機械，是現代火力發電廠中應用最廣泛的原動機，由轉動部分和靜止部分兩個方面組成。轉子包括主軸、葉輪、動葉片和聯軸器等，靜子包括進汽部分、汽缸、隔板和靜葉柵、汽封及軸承等。汽輪機具有單機功率大、效率高、壽命長等優點。通常在高溫高壓及高轉速的條件下工作，是一種較為精密的重型機械，一般須與鍋爐（或其他蒸汽發生器）、發電機（或其他被驅動機械）以及凝汽器、加熱器、泵等組成成套設備，一起協調配合工作。

二、TSI系統概述

汽輪機安全監視及保護系統主要包括監視保護系統（TSI）、危急遮斷系統（ETS）裝置、自動盤車操作裝置。TSI系統能連續地監測汽輪機的各種重要參數，如轉速、超速保護、偏心、軸振、蓋（瓦）振、軸位移、脹差、熱膨脹等參數進行監測，幫助運行人員判斷機器故障，使得這些故障在引起嚴重損壞前能及時遮斷汽輪發電機組，保證機組安全。

TSI監測信息提供了動平衡和在線診斷數據，維修人員可通過診斷數據的幫助，分析可

能的機器故障，幫助提出機器預測維修方案，預測維修信息能推測出旋轉機械的維修需要，使機器維修更有計劃性，減少維修時間，其結果是減少了維修費用，提高了汽輪機組的可用率。

TSI系統主要由傳感器及數據採集器組成，傳感器主要為電渦流傳感器對機械振動量、位移、轉速、偏心、軸位移、軸振動、脹差進行測量。數據控制器接收電渦流傳感器的電量信號進行整形、計算、邏輯處理等以後，顯示出精確、直觀的監測數據和報警指示。輸出標準的模擬信號和開關量。數據控制器可對傳感器連線和自身的運行情況進行監測，具有計算通訊接口，可對測量範圍和邏輯輸出進行組態，具有緩沖傳感器信號輸出等功能，對於重要的測量可進行冗余的配置，增強可靠性。



▲ 圖1 電渦流傳感器



▲ 圖2 TSI系統數據採集器

三、TSI數據採集系統

TSI數據採集系統主要用于連續監視汽輪機本體各種參數，主要有轉速，軸向位移，脹差，軸承蓋振動，鍵相，軸振動，氣缸絕對膨脹，偏心等。系統的測點具有獨立的監測電路和報警設置點，每個測量模塊均有模擬量輸出功能。主要有鍵相模塊、四通道繼電器、位移，速度，加速度監測器、位置監測器、轉速模塊、超速保護、組態軟件。

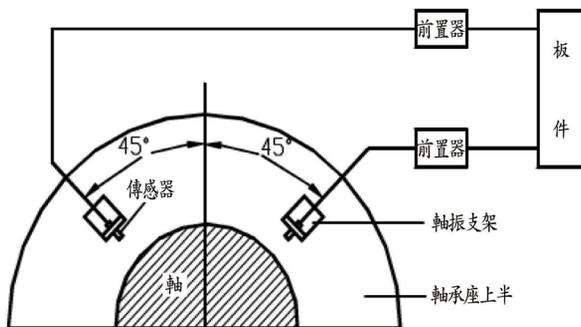
1. 鍵相模塊是壹個半高度、兩通道模塊，用來為偏心監視模塊提供鍵相位信號，此模塊接收來自電渦流傳感器的輸入信號，並轉換成數字鍵相位信號。
2. 四通道繼電器模塊是壹個全高度的模塊，它可提供四個繼電器的輸出值。四通道繼電器模塊的每壹個輸出都可以獨立編程，以執行所需要的表決邏輯。每壹個四通道繼電器模塊上的繼電器，都具有報警驅動邏輯，該報警驅動邏輯，可用“與門”和“或門”進行邏輯編程。並可利用採集框架中的任何監測模塊通道或任何監測模塊通道的組合所提供的報警輸出，該報警驅動邏輯應用框架組態軟件編程，可滿足應用中的特殊需求。
3. 位移、速度、加速度監測模塊是壹個四通道監測器，它可接收來自位移、速度、加速度傳感器的信號，應用這些信號，可進行報警。它可以用採集框架組態軟件編程。可完成下列各種功能：徑向振動、軸向位移、偏心、差脹、加速度和速度測量。
4. 轉速模塊：汽輪機為了是機器保持低轉速從而防止軸彎曲的產生都需要盤車，因為在以後的動中，軸彎曲會造成機械的損壞。零轉速是預先設定的軸轉速。當系統檢修或準備停車時，將使轉子以這壹轉速進行盤車。當然要有壹個外部激活觸點。當模塊監測達到零轉速設置點時，輸出壹觸點。
5. 超速保護模塊：可提供兩通道或三通道，為確保最大程度對關鍵參數保護的冗錯功能，可以向壹個外部設備提供自身的繼電器來動停機輸出。
6. 組態軟件與用戶的人機接口，該軟件用于Windows操作系統中，安裝過程與壹般軟件相同，可以對各個模塊進行輸入和輸出控制。

四、TSI系統振動測試

對旋轉機械來說，需衡量其全面的機械情況，轉子徑向振動振幅，是一個最基本的指標，很多機械故障，包括轉子不平衡、不對中、軸承磨損、轉子裂紋以及摩擦等都可以根據振動的測量進行監控。轉子是旋轉機械的核心部件，旋轉機械能否正常工作主要決定于轉子能否正常運轉。從轉子運動中去監視和發現振動故障，比從軸承座或機殼的振動提取信息

更為直接和有效，所以，目前軸振的測量越來越重要，軸振動的測量隊機器故障診斷是非常有用的。

根據振動學原理，由X、Y方向振動合成可得到軸心軌迹。在測量軸振時，常常把電渦流傳感器探頭安裝在軸承殼上，探頭與軸承殼變為一體，因此所測結果是軸相對於軸承殼的振動，由于軸在垂直方向與水平方向並沒有必然的內在聯系，因此在垂直于水平方向各安裝一個電渦流傳感器探頭，由于水平中分面對安裝的影響，實際上兩個探頭安裝保證相互垂直即可，如下圖所示。當電渦流傳感器端部與轉軸表面間隙發生變化時，數據採集器會采集到變化的信號，並計算出間隙變化，即振動峰峰(P-P)值。機組軸振的測量範圍：0~400um,報警值：125um，停機值：250um。



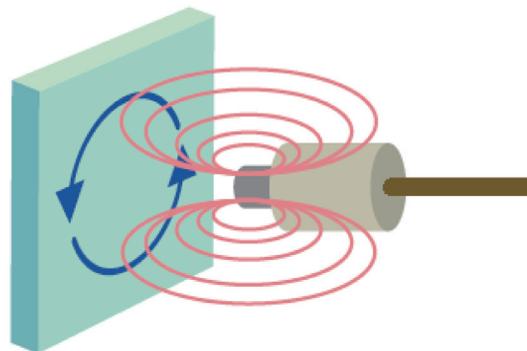
▲ 圖3 軸振安裝示意圖

五、電渦流傳感器原理

電渦流傳感器由探頭、延伸電纜、前置器以及被測體構成基本工作系統。前置器中高頻振蕩電流通過延伸電纜流入探頭線圈，在探頭頭部的線圈中產生交變的磁場。如果在這一交變磁場的有效範圍內沒有金屬材料靠近，則這一磁場能量會全部損失；當有被測金屬體靠近這一磁場，則在此金屬表面產生感應電流，

電磁學上稱之為電渦流。與此同時該電渦流場也產生一個方向與頭部線圈方向相反的交流磁場，由于其反作用，使頭部線圈高頻電流的幅度和相位得到改變，這一變化與金屬體磁導率、電導率、線圈的幾何形狀、幾何尺寸、電流頻率以及頭部線圈到金屬導體表面的距離等參數有關。這時電渦流傳感器根據反向電磁場的強度來判斷與被測體之間的距離。

在高速旋轉機械和往復運動機械的狀態分析中，振動研究、分析測量中，對非接觸的高精度振動、位移信號，能連續準確地採集到轉子振動狀態的各種參數，如軸的徑向振動，振幅以及軸向位置。電渦流傳感器以其長期工作可靠性，測量範圍寬、靈敏度高，分辨率高，響應速度快，抗干擾能力強，不受油污等介質的影響，結構簡單等優點，在大型旋轉機械狀態的在線監測與故障診斷中得到廣泛的應用



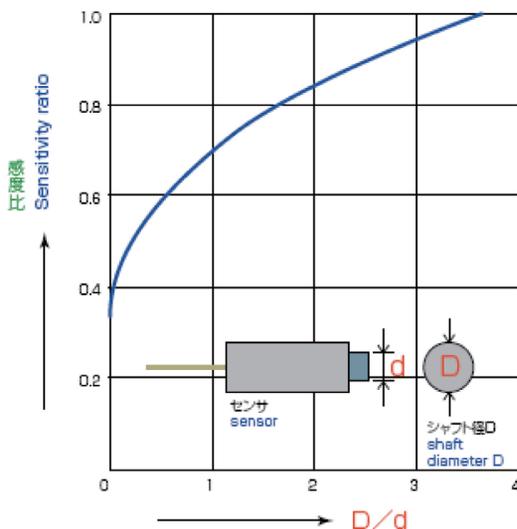
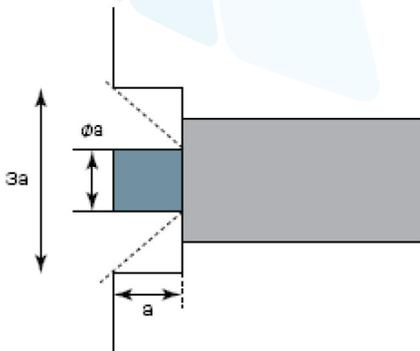
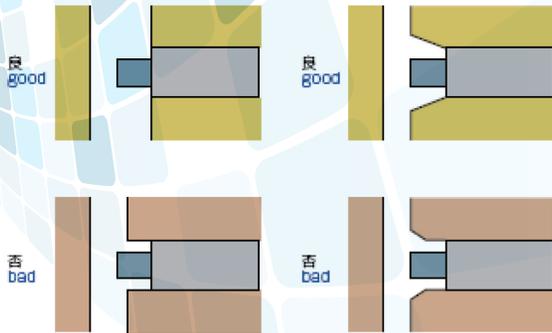
▲ 圖4 電渦流傳感器原理圖

六、電渦流傳感器安裝

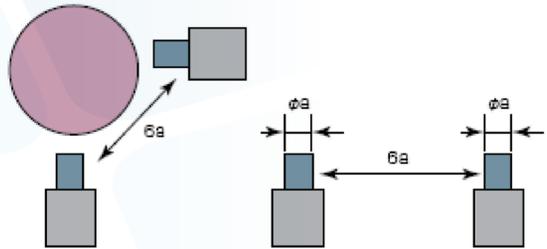
電渦流傳感器的線圈與被測金屬導體間是磁性耦合，電渦流傳感器是利用這種耦合程度的變化來進行測量，因此，被測物體的物理性質，以及它的尺寸都與總的測量裝置有關，一般來說，被測物體的電導率越高，傳感器的靈



敏度也越高，為了充分利用電渦流效應，當被測物體是圓柱體時，被測導線直徑必須為線圈直徑的3.5倍以上，否則靈敏度要降低。如果探頭直徑與被測物體相同，則電渦流傳感器的靈敏度下降到只有70%。



被測物體表面要光滑，平坦，保持傳感器探頭周圍有足夠的空間，在3倍探頭直徑範圍內，不應有金屬體，傳感器安裝應遠離轉動台階面，這樣可避免周圍金屬結構的干擾，準確測量振動值。為了避免電渦流傳感器相互之間磁場的干擾，多探頭安裝時，探頭之間間距為探頭直徑的6倍。



七、TSI在線監測保護系統的意義

隨著我國經濟的快速發展，近幾年，熱電廠的發展非常迅速，在熱電廠中，產業汽輪機的應用將具有廣泛應用遠景，在節能、經濟效益應方面也具有非常良好的效果。這種技術的運用和發展，將使得設備的維修方式從傳統的“事故維修”和“定期維修”過度到現在的“預知性維修”，從而大大提高了設備的可利用率，減少停機維修時間，降低維修費用，同時也壓塑了備件的庫存量，可以減少意外事故的發生和不必要的浪費、損耗、提高對機組設備的保護，它的重要意義在於當機組發生異常時，保護系統將提示報警信號，提醒操作者注意，當機組發生嚴重異常時，保護系統將自動使機組停止運轉，以免造成設備破壞性或災難性的嚴重損壞。

☒ 參考文獻：

1. 美國BENTLY傳感器3500資料
2. 日本AEC資料