

## 渦輪增壓器損傷

### 引言

渦輪增壓器是船舶上技術含量最高的發動機組件之一。一個中等尺寸的渦輪增壓器，其葉輪片均勻轉速可達每秒 400 週，旋翼外緣的移動速度可達音速的 1.5 倍。

在運行過程中，渦輪增壓器吸收高達 700 攝氏度的污染廢氣。因此，渦輪增壓器是一種高精密度高速機械設備，在惡劣環境條件下高負荷持續工作。由於渦輪增壓器為氣流接受端，上游部件的各種故障通常會對其造成損傷。

船主及船舶管理商都意識到，主發動機和輔助發動機渦輪增壓器損傷，對船舶的運行能力會產生重大影響，其損傷會產生高昂的維修費用、導致海上航速明顯下降，且會造成相當的安全風險。

這些損傷會給船主、船舶管理商及 Gard Services 造成重大損失。船舶的船體及機械設備已經 Gard Services 投保，保險期間，從 1996 至 2001 年，共有 192 起渦輪增壓器損傷事故，索賠總額共計二千四百七十萬美元。把免賠額計算在內，該渦輪增壓器損傷共耗費了船主和船舶管理商逾二千五百萬美元。低於免賠額度的渦輪增壓器損傷，其額外支出由船主和船舶管理商負責。因此，制訂本通函以協助各成員及客戶防止對機械系統的此關鍵部件造成損傷，從而導致付出昂貴代價。

### 導致渦輪增壓器故障的幾個主要因素

1. **維修及檢修不及時** 在多數情況下，渦輪增壓器主要部件的使用壽命被人忽視。軸承、壓縮機轉輪及渦輪葉片或渦輪盤均有使用壽命年限。如壓縮機轉輪，視乎其使用及配置情況，其壽命在 50,000 至 100,000 個工作小時之間，這相當於間歇服役 7.5 至 15 年時間。由於受操作及財務限制，在船舶服役期間其檢修往往被延誤，直至送入乾塢船塢進行大修。

一些明顯的故障預示訊號也不時被忽視。渦輪增壓器的喘振可能預示空氣冷卻器堵塞或噴嘴環淤塞。滿載時不停喘振可能導致渦輪增壓器故障。而且，廢氣溫度上升可能預示工作結束後需進行檢查。

2. **用非原廠配件代替原廠配件** 為降低維修保養及零部件費用，船主會用「冒牌」或「備選」零件代替原廠零件。由於渦輪增壓器工作環境惡劣，只要材料、設計及規格存在分毫瑕疵，劣質零件很容易導致損傷。

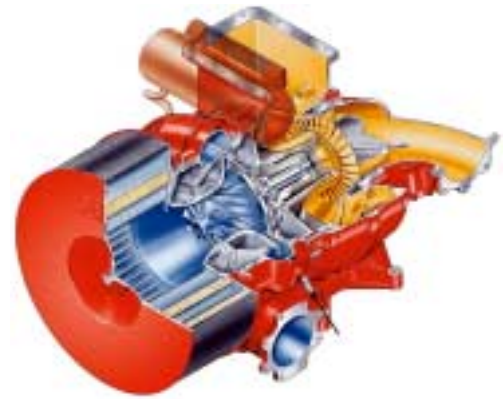


ABB TPL 渦輪增壓器圖片  
已獲 ABB 許可

3. **非廠商進行維修** 渦輪增壓器的維修費用昂貴。如由非經廠商認可的船員、船塢或其他人員從事維修工作，則可能會導致不正確的維修保養。以下所列的部分例子，其中的小差錯可能最終導致重大故障的出現。
  - 未能遵守正確的安裝次序，可能會給部件造成暗傷。
  - 未更換關鍵磨損部件可能導致功能性失靈，例如軸承潤滑失靈。
  - 未遵照各組件間的正确間距及調整轉子的正确運轉，由此產生的不平衡，可能會導致轉子的磨損。
  - 安裝檢修後的轉子時，對蓋環的不當清洗可能導致葉片磨損並由此產生葉片破損。
  - 如不能正確平衡轉子，可能會給軸承造成損傷（由於速度極高，所允許誤差極低）。
4. **維修證丟失** 當船舶所有權變更時，有關渦輪增壓器及機械設備的其它重要組件的維修證及航海日誌常會丟失。由於這種信息的中斷，使新船主或船舶管理商便無法估定渦輪增壓器所需的維修保養。
5. **使用不當** 取決於船舶參與的商業活動及營運情況，有時會指定發動機及渦輪增壓器作「慢速運行」，當此類設備的負載需要量增大時，可能要替換部分部件以適應新的操作條件。如忽視此種情況，由於速度的提高，可能會產生操作問題及／或降低渦輪增壓器轉動部件的壽命週期。
6. **現行渦輪增壓器與發動機配匹不當** 在船舶的建造期間，就已設定渦輪增壓器的額定操作條件。發動機運行的轉換及變化，以提高功率輸出，會增加渦輪增壓器的負載要求，從而降低渦輪增壓器葉輪、壓縮機轉輪及軸承的可靠性和使用壽命。
7. **上游維修造成渦輪增壓器損傷** 在多數情況下，在對渦輪增壓器上游的機械部件或系統進行維修時，有可能會造成渦輪增壓器損傷。由於渦輪增壓器處於多數其它發動機設備的下游，因此任何外物、鬆動零部件、忽略設備或沒有正確安裝的機械設備的零件，最終都可能流向下游，給渦輪增壓器造成損傷。這些機件包括脫落的螺栓、噴嘴碎片、補償器風箱碎屑、電焊條殘根、扳手及螺絲刀、碎屑或其它任何外物。由於渦輪增壓器運轉速度極快，即使是極少的微粒也可能損傷其關鍵零件並導致嚴重損傷。
8. **船員操作及維修不當** 船員操作及維修不當可能對渦輪增壓器造成損傷。以下列出部分類別原因及情況，而這會導致更為嚴重的損傷。
  - **壓縮機及渦輪葉片上有污物** 對壓縮機或渦輪葉片的不當例行清洗或忽視其例行清洗，會導致污物堆積。這可能導致轉子運轉失衡，從而給軸承帶來損傷，甚至導致系統癱瘓。
  - **上潤滑油方式不當** 使用未經廠商推薦的潤滑油或受污染潤滑油，會使軸承性能下降並最終對其造成損傷。

- **不當清潔及維修過濾環** 空氣過濾器如清潔及／或更換不當，吸入的空氣質量即會受影響。過濾器阻塞會導致喘振。有時可以看到船員因為不願維修及清潔過濾器而把過濾環拆下。
- **渦輪增壓器超速運轉** 由於維修或操作不當，渦輪增壓器有時會超速運轉。當連續超速運轉時，即使超速比例很小，也會迅速損傷渦輪增壓器部件並降低其使用壽命。超速達 30-40% 可能會立即引起渦輪增壓器爆炸。

## 建議

- 只有經廠商認可的合格維修人員方可對渦輪增壓器進行維修。多數情況下，最有資格執行維修及檢修工作的是廠商自身，因廠商既可以在船舶服役時進行維修，也可以在船停在乾船塢時進行。有些公司及船塢有意以比廠商更「便宜」的價格從事渦輪增壓器的維修及檢修工作。對船主和船舶管理商來說，這種降價是有吸引力的。然而，此種價格是以「錯誤節約」為基礎，如因維護不善而產生損傷，對船主及承保人來說，最終要為索賠付出昂貴代價。而由合格人士承擔廠商的維修工作時，其技藝可能得到更多保障。
- *使用合適的廠商備件*。渦輪增壓器是一種技術含量高的高負載發動機部件。因此，必須使用合適的零部件對其進行維修和檢修。對維修工作而言，該零部件也同樣有較高的保障。
- *確保獲得及保留渦輪增壓器的維修文檔及維修證*。此舉意在安排適當的維修保養。如船舶出售時，其維修文檔及維修證不全，通常設備廠商能提供適當的證明文件，有時甚至還能提供渦輪增壓器維修保養記錄。
- *在設計操作參數允許的範圍內運行渦輪增壓器*。由於使用不當而產生的損傷將導致付出昂貴代價，且會導致運行速度下降、渦輪增壓器癱瘓，或由於需進行維護及修理，而造成租金損失。因此，應當定期監測一些重要參數，諸如渦輪增壓器速度及廢氣溫度。如可行，可將其作為輸入源以觸發警報器。
- *確保對渦輪增壓器進行適度維修保養*。應遵循廠商建議，定期對渦輪增壓器進行維修保養。如有疑問，聯繫設備廠商以獲取有關部件使用壽命資料。適度維修保養包括：
  1. 用水清洗壓縮機及渦輪，以清除轉子上的灰塵及其它殘餘物，從而確保適度平衡。
  2. 定期清潔和更換進氣過濾器，避免外物進入及灰塵和殘渣在旋翼上積聚。而且，進氣過濾器如有污物，會使進氣量大受限制，因而可能導致渦輪增壓器超速或喘振。
  3. 至於渦輪增壓器的獨立潤滑系統，應當定期更換潤滑油（查閱手冊以使用合格潤滑油）並清潔離心機及過濾器。
  4. 運行中定期檢查渦輪增壓器參數。

## 致謝

Gard Services 感謝瑞士巴登 ABB Turbo Systems Ltd 及挪威奧斯陸渦輪增壓器維修站為本文提供寶貴資料。