

## 專刊暨經驗交流

# 船舶主機燃用低質燃油和長期低負荷運轉之對策(四)

文：田文國

## 2、長期低負荷運轉所產生的問題

### 2.1燃料燃燒之問題

由於低負荷運轉，噴油泵之噴射壓力亦隨之而減低，因此燃油噴霧之粒徑變大，油粒所能到達的距離變短，再加上掃氣因增壓機轉速之降低使掃氣壓力相對下降，結果造成不良的燃燒。由於不完全燃燒，則加速掃(排)氣孔、排氣閥、增壓機之污染，如此惡性循環，更促使燃燒之惡化，最後發生重大事故；如活塞環嚴重旁吹(blow-by)、活塞燒損、缸套龜裂、排氣管著火及增壓機損壞等。

### 2.2增壓機之問題

(1)由於轉子之超速(overspeed)而造成增壓機的損壞：由於長期低負荷運轉，過量的氣缸油及未完全燃燒的燃油殘留在排氣管內，一旦主機再度欲恢復至高負荷運轉之際(即周圍環境溫度增高或是在主機將起動之時)，而發生排氣管著火現象，結果使增壓機轉子超速、軸承損壞及排氣管著火，甚而使膨脹接頭爆裂，引起機艙火災。以上現象，特別是使用劣質重油且長期低負荷運轉更易發生。

(2)在低負荷運轉時，排氣在定壓部分所佔比例減少，因此以靜壓增壓方式所獲得之空氣量不足，而需以活塞下部掃氣或輔助鼓風機輔助；尤其直流掃氣(Uni-flow scavenging)由於活塞行程加長，其本身掃氣效率已較差，因

此在低負荷時，更易導致掃氣不足使燃燒不完全。

### 2.3氣缸注油之問題

低負荷運轉時，氣缸油注油量隨機器速度而比例減少，但是負荷的增減和機器速度的三次方成比例，因此注油量若不調整，則每出力之相對注油量即顯得過多。過多的氣缸油不但浪費且易污染活塞環、掃(排)氣孔或排氣閥及其系統，造成各種不良後果。

### 2.4振動問題

船用機器通常在設計時，即避免危險轉速(critical speed)在常用的回轉數附近，往復運動之機器要完全避免振動幾乎是不可能的。

- (1)軸系扭振動：一般機器在全負荷至50%負荷間，設計上避免有危險轉數之出現。
- (2)軸系縱振動：九缸以上之大型機器，在減速運轉範圍內，則其軸系振動之強振數有出現之可能，此現象對曲軸之應力強度雖無危險，但卻會引起住艙之振動。
- (3)船體振動：船體振動之原因甚多，當俾葉與機器產生共振時即發生。而在減速運轉時，共振出現之可能性增加。但其振動較弱，需稍改變其轉速即可將共振迴避。
- (4)其他：由機器形式不同，在低負荷運轉時，曾發生因凸輪軸之振動而與排氣閥彈簧振動產生共

振，或因止動螺栓鬆動而使牽柱繫桿(tie rod)發生橫向振動或折斷之情況，或有因機器振動而產生問題及因管路系統內部局部振動等問題[9]。

### 3、長期低負荷運轉注意事項

#### 3.1在長期低負荷運轉，廠家建議最好使A油[10]

但實際是不可能的，因此使用C重油時，應採取如下措施：

- (1)繼續保持燃油管路之加熱蒸汽(tracing steam)之流通，以維持燃油入燃油閥之黏度。
- (2)燃油加熱溫度，最好保持在最高限度，換言之在主機噴油泵處，儘可能使燃油黏度達10~15cSt。
- (3)保持燃油閥冷卻水溫度在上限值85~90℃。
- (4)使燃油淨油機之淨油率降到最低淨量，並加熱淨油之溫度至其上限值(通常90~98℃，視燃油黏度而定)。

#### 3.2對掃氣溫度必須給予調整

由於長期低負荷運轉，使掃氣壓力隨著降低，特別是當冷卻海水溫度降低時，伴隨著產生凝結水。故空氣冷卻器的海水入口溫度，必須調整至不使掃氣處於露點溫度以下。即空氣冷卻器的海水出入口溫度差不能太大，而致產生過冷現象。

一般情形是空氣冷卻器海水出口溫度不要超過55℃以上(MAN B&W，而Sulzer規定不得超過48℃)[11]。至於冷卻水入口溫度，則希望保持在掃氣的露點5℃以上的溫

度。以海水溫度的調節，調整掃氣溫度為最理想的方法。但需注意對排氣溫度的影響。在長期低負荷運轉時，掃氣溫度最好保持在較高值(如Sulzer RND為40~50℃、RTA為60~65℃，MAN B&W最大值為60℃)。

#### 3.3氣缸冷卻之調整

因負荷減低，則氣缸套冷卻水及活塞冷卻液溫度隨之下降，將影響掃氣的溫度與燃燒，故氣缸套與活塞冷卻液儘可能保持在其上限值，方不致影響氣缸的壓縮及點火。

#### 3.4氣缸注油量之檢查及調整

當主機的負荷減低時，氣缸油量亦相應隨主機負荷而減少。注油量過多可能殘留於排煙管內發生火災等事故。但不適當的減少亦是非常危險的，將導致活塞環及缸套嚴重磨耗或刮痕。故減少的限度是以MCR時的消耗量之50%為限。理論上，要求減低之注油率與負荷指示器的位置成此例：

例如某機器於115 r/min時，負荷指示器(L.I)位置為7.3，注油率0.96g/ps-h，當減速至95 r/min時L.I=5.2，則注油率要減到0.684g/ps-h；

即 $0.96 \times (5.2/7.3) = 0.684 \text{ g/ps-h}$ 。

以上為一理論值，實際上機器長期低負荷運轉時，尚須斟酌主機氣缸的新舊、磨耗狀況及實際缸套與活塞環潤滑的情況而加以增減，以修正注油量。

#### 3.5對排氣閥的檢查

當主機長期低負荷減速運轉時期超過最初的1000小時，要對排氣閥進行拆檢。當確認情況良好時，而後就可逐步延長檢查排氣閥的間隔。

### 3.6對燃油閥及噴油泵

欲維持長期低負荷運轉於正常狀況之先決條件，必須燃油閥及噴油泵皆在良好狀態，對其保養與檢查應特別注意。

如果燃燒不良而 $P_{max}$ 低下或發生排氣高溫應並冒黑煙時，輪機長及大管輪則可依現場主機狀況對燃油品質設定(fuel quality setting; FQS)及可變噴油定時裝置(variable injection timing; VIT)進行手動調節提早噴油泵定時，以期改善燃燒狀況。



圖6排氣入口網柵清潔前情況

### 3.7增壓機排氣入口網柵(griting)及空氣冷卻器(air cooler)檢查

由於長期低負荷運轉，燃燒狀況一定不盡完善，長期下來則漸進劣化的傾向，故除了必須依照廠家對排氣入口網柵及空氣冷卻器氣水側所規定的時間提早進行開放清潔外(如圖6及7所示)，應視現狀及污穢程度斟酌調整檢查清潔時間，必要時縮短之，以降低排氣背壓提升渦輪機效率及提高掃氣效率增加空氣係數(如圖8所示)，以降低機器低出力時之熱負荷。

另外對於掃氣室、活塞下部空間，增壓機空氣濾器等亦須定期清潔。航行中定期水洗增壓機兩側。

《未完待續》



圖7排氣入口網柵清潔後情況

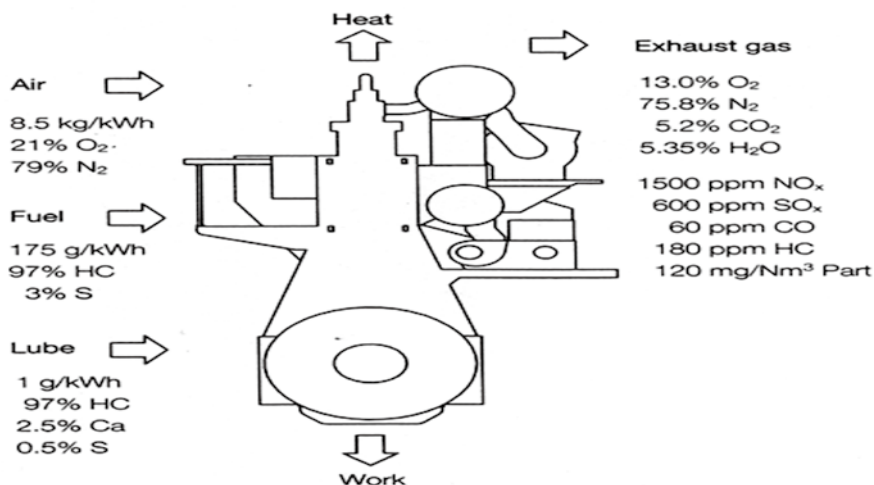


圖8 MAN B&W機器設計出力轉換分析圖[12]