

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(六)

文：田文國

輪機員的實際操作中，氣缸潤滑油的消耗量往往要大於此一統計值，大量的氣缸油消耗也給柴油機的日常管理及成本帶來了困難，輪機員稍有不慎，如掃氣箱排污通道未及時疏通，將造成氣缸套的過度磨損，系統潤滑油的污損、鹼值升高及掃氣室的燃燒等，此一現象無疑地將提高船東的營運及管理成本，也給柴油機的製造商在競爭中帶來壓力，如何改善氣缸潤滑成了柴油機設計者、製造者和管理者共同關注和研究的課題，最新的柴油機船(The motor ship)及輪機工程研究(marine engineering research)等期刊均密切地報導二種近年推出的改善氣缸潤滑的注油系統。

(1)HJ SIP(Hans Jasen Swirl Injection Principle)[15]氣缸潤滑注油系統

此為傳統的氣缸油注油器專業生產廠家Hans Jasen推出的新型注油系統(如圖9所示)，它是依據旋渦噴射(swirl injection)原理，將高壓(4MPa)氣缸油通過類似於燃油噴射

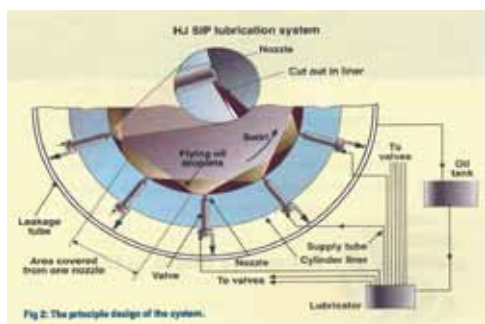


圖9氣缸油佈滿整個氣缸套的磨擦表面

器(如圖10所示)的佈油閥，沿著與氣缸壁圓週的切向成一定角度的方向，成霧滴狀定時定量的噴向缸壁，並在掃氣旋渦離心力的作用下大面積地分佈在缸壁上，如此使活塞環就很容易地將氣缸油帶到缸套的全部磨擦表面，從而達到以少量的氣缸油滿足氣缸潤滑的目的，大幅度的降低氣缸潤滑油的消耗量。

(2)Alpha ACC[16]氣缸潤滑注油系統

此為MAN B&W公司推出的新型電子注油系統，它是將高壓氣缸油(15~20bar)經過電子控制組件和缸套上帶止回閥的噴油器，定時把大部份的氣缸油(約70~80%)沿著缸套上的水平斜槽，大面積的噴在第一至第四道活塞環上，從而在活塞環的作用下，將氣缸油佈滿整個氣缸套的磨擦表面，由於是電子控制，它可以作到曲軸二轉至四轉噴一次油，它還可以依據燃油含硫量的多少而設定氣缸油的供油量，最終達到以少量從而達到以少量的氣缸油滿足氣缸潤滑的要求，該系統作動原理及構造如圖11、12所示。

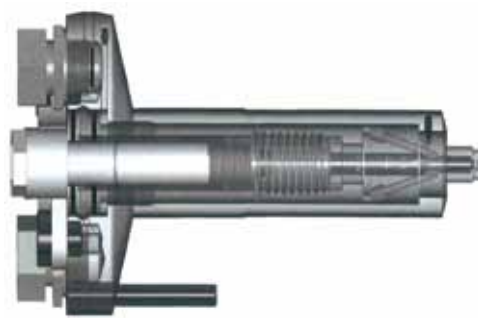


圖10氣缸油噴射器

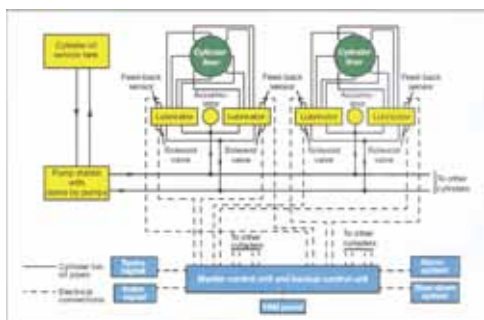


圖11 Alpha ACC氣缸潤滑的注油系統

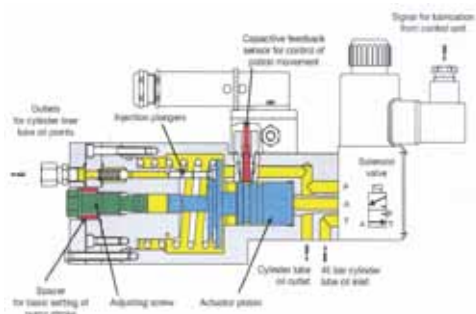


圖12 Alpha ACC注油系統柱塞及電磁閥

(3)與傳統氣缸潤滑的注油系統比較

(i)傳統氣缸油的供油壓力低

氣缸油注入缸套後是沿著缸套上的佈油槽流動，再經活塞環帶動而佈油，它在缸套週向分佈極難均勻，並於缸內背壓的作用下，大部份氣缸油都是在活塞環上行越過注油孔時注入，這樣一來注入的一部份油量就被活塞環刮入掃氣箱。而上述二種新型注油器，則把注油壓力提高到3.5~4.0MPa(35~40bar)，以霧滴狀噴入，所不同的是將油噴佈在缸壁上；Alpha系統是將油噴佈在活塞環上。

(ii)配合最大面積地噴佈氣缸油

缸套上取消了傳統的斜向佈油槽，改為配合噴油方向的切槽。

(iii)取消傳統的注油器機械傳動機構

設置高壓供油裝置和控制裝置，注油壓力由原來的2~3bar(0.2~0.3MPa)提高至35~40bar(3.5~4.0 MPa)。

(iv)氣缸油耗油率大幅降低至0.6~0.7g/ps-hr

耗油率的降低直接減少了活塞結碳，如此將延長吊缸週期，長期困擾著輪機員的掃氣箱積油過多和系

統油鹼性增高的問題也將一併解決。

(v)降低氣缸壁溫度從而降低氣缸磨耗
傳統式氣缸油注入缸套燃燒後，氣缸壁溫度仍維持280~300℃，新型注油系統氣缸油均勻噴射注入，使氣缸壁溫度降低至180~220℃，從而降低氣缸壁磨耗。

(vi)定期保養檢查工作

由於壓力提升，必須保持油溫及定期清潔濾器，注意注油器玻璃管會有爆裂情況發生及定期噴注器噴口清潔及試壓。

4.6振動對策

各型機器裝船後曲軸縱振動之實測，於海上公試時其測試並記載結果，全負荷附近無危險轉速，但減速至約40%MCR負荷或以下時，則出現曲柄縱振動之尖峰。操俾時避免或儘快通過此一運轉範圍，某些特殊船舶於軸前端裝置縱振動削減器(damper)，則頗具成效。

4.7輔助鍋爐(aux. boiler)之使用

在減速運轉時，又當主機實施一過給機切斷，則排氣鍋爐(或節熱器)

之蒸汽產量勢必不足，必需點燃輔助鍋爐，以供航行所需之蒸汽消耗；故輔助鍋爐最好是加裝完全自動控制之小容量噴嘴。

5、降速運行及其優化調整

經驗顯示營運中的船舶由於貨運市場與船舶營運成本等多方面因素的考慮，大多採用降速運行的節能(油)措施。按不同船期情況選用80~82% n_b (額定轉速)作為長期運轉轉速(相應運轉功率約為(50~55%) P_b)。此時船舶航速雖相應降低，但降低幅度不大，而主機燃油耗量降低幅度較大。如上述航速降低約20%而主機油耗量降低達近50%。因而採用降速運行是降低營運成本的一項行之有效的技術措施。

此一措施由於柴油機將長期處於低負荷運行，偏離其最佳設計性能太大，必然使柴油機燃燒惡化故障較多，如磨損加劇、缸內及排氣系統大量結碳等。使柴油機的有效油耗率 b_e 增加，可靠性降低。為改善柴油機低負荷運轉時的運轉性能，使降速運行節能技術更加完善，通常在採取降速運行時，均對柴油機進行相應的優化調整措施。這些優化調整措施主要有：

(1)適當增大氣缸壓縮比，如在連桿大端處加調整墊片，以保證壓縮終點的壓縮壓力及溫度。

改變調整壓縮比：以低速機其設計壓縮比為13，當機器使用日久造成十字頭軸承或曲軸承或活塞冠(piston crown)及氣缸蓋(cylinder cover)等組件，因磨耗

或燒蝕至1或2mm時，則壓縮比將由原來的：

$\varepsilon_v = (2400 + 200) / 200 = 13$ ；改變為：

燒蝕至1mm時 $\varepsilon_v = (2400 + 201) / 201 = 12.94$ ；

燒蝕至2mm時 $\varepsilon_v = (2400 + 202) / 202 = 12.88$ 。

因此而造成壓縮壓力下降達2bar。

尤其近年來燃油品質更趨劣化，機器拆檢時發現活塞冠及氣缸蓋燒蝕達8~9mm甚至於超過10mm，雖然仍然在安全使用規範內，但對機器性能影響頗大，如不適時調校將造成機器壓縮壓力嚴重下降及排氣溫度上升，則效率更趨惡化。

- (2)適當增大噴油提前角，保證維持有效的最高爆發壓力。
- (3)改用小噴孔節能型噴油器(孔徑減小，孔數增多，但總流通面積降低)，提高噴射啓閉壓力等以提高霧化品質。
- (4)適當減少氣缸油注油量，除可減少氣缸油消耗外，尚可降低缸內積碳與結焦現象。
- (5)保證缸套、噴油器等正常冷卻，調整空氣冷卻器後增壓空氣溫度，防止因過冷卻而產生低溫腐蝕。
- (6)改善增壓與掃氣系統。如適當減少噴嘴環通流面積，以提高增壓機轉速，調整氣閥定時等。
- (7)加強對柴油機的維護管理，如酌情縮短吊缸周期，加強對增壓機的維護與保養等。

6、由長期低負荷運轉恢復至正常馬力運轉前作業

(1)在欲恢復至正常運轉以前，應先

檢查並清潔排氣管及掃氣室內油泥聚集情況，以免發生火災。

- (2)開放過給機並清潔之。
- (3)清潔過給機空氣濾網和空氣冷卻器。
- (4)由掃氣室內檢查氣缸套和活塞環情況。至少抽吊一個缸，檢查並量測其磨耗情況。
- (5)檢查注油器，調整氣缸油注油量使其恢復正常。
- (6)將配合低負荷運轉而改造之裝備(如slow nozzle，過給機之噴嘴環及轉子等)，恢復至原來裝備。
- (7)在加速過程中之磨合。

由吊缸清潔保養之結果，再依缸套內部與活塞磨耗情形，可判斷恢復磨合之時間。在磨合時間應將氣缸油量暫略微增加些，並小心慢慢逐漸加速至恢復正常出力。

7、結論

低負荷運轉船舶主機帶來了巨大的經濟效益，但輪機技術有否相應提升，對於降速運行帶來的性能下降及燃燒不良引起的裝備磨損、熱負荷升高及污染等，輪機員必須對此一現象狀況進行全面理解，及時注意防範，避免長期運轉造成引擎性能的劣化。

參考文獻

- [1]Neil Cockett, Practical guides on Bunkers[M], 1997, LLP London. P-35
- [2]E.D. Ewart. Bunkers A guide for the ship operator[M] Fair-play publications. 1989 p-2
- [3]Fuel handbook, International standard-ISO8217[R]:2005 p-2
- [4]Castrol marine-Taiwan technical seminar. 2000
- [5]沈頌文，內燃機講義(上)[M]，1978，啓學出版社。
- [6]張葆華 盧士勛，輪機員實用手冊[M]，Jun/1990，人民交通出版社。
- [7]T.S.Lee, An observation on the homogenized heavy oil by fuel mill-homogenizer[R]. 1999 National Cheng Kung Univ. Tainan, Taiwan
- [8]張葆華 盧士勛，輪機員實用手冊[M]，Jun/1990，人民交通出版社。
- [9]郭錦榮，最新實用重柴油機精華[M]，May/1986 中國航海技術研究社。
- [10]樓無畏，船舶輪機實務9版[M]，Aug/1995，前程出版社。
- [11]孫培廷 李斌 船舶柴油機[M] 大連海事大學出版社 2002 p-198
- [12]Emission control Two-stroke Low-Speed Diesel Engines. [R] MAN B&W Diesel A/S Dec/1996. p-2,12
- [13]吳恆，現代輪機技術管理[M]，Jun/1998，大連海事大學出版社。
- [14]魏春源 張衛正 葛蘊珊，高等內燃機學[M]，Sep/2001，北京理工大學出版社。 p-230
- [15]HJ SIP(Hans Jansen Swirl Injection Principle)SIP lubricator [http://www. hjlubri.dk/default.asp?pageid=3](http://www.hjlubri.dk/default.asp?pageid=3)
- [16]Alpha Adaptive Cylinder-oil control Alpha ACC[R]，MAN B&W Diesel A/S 2002

《全文完》