

專刊暨經驗交流

柴油機曲軸箱爆炸的管理及應急措施

文 / 田 文 國

近期某輪由於發電機曲軸箱爆炸造成嚴重之人員一死二傷慘重事故，為防範類似事故發生，特整理本文柴油機的日常管理及應急措施事項，以期能對輪機人員有所借鑒。預防曲軸箱爆炸提出了曲軸箱爆炸事故發生的日常管理注意事項及應急措施，以期能對輪機管理人員有所借鑒。

活塞式空壓機在運轉中，發生氣缸爆炸可以說是屢見不鮮，但曲軸箱爆炸卻鮮為人知。實際上，如果空壓機維護保養不當，曲軸箱發生爆炸的實例也確實存在，希望操作、檢修人員警惕。曲軸箱發生爆炸的原因主要有以下兩點。第一，油氣等揮發性油類進入曲軸箱。第二，在運轉時，由於輪機人員缺乏曲軸箱油霧濃度的監測方法的應用。

控制曲軸箱油霧濃度作為預防爆炸的一個重要手段，各種油霧濃度的監測方法的應用雖然大大的降低了曲軸箱爆炸的發生概率，但僅僅是起到一種抑制作用，並未從根本上消除隱患。

曲軸箱內的油氣是通過排氣管直接排放到大氣中，未被稀釋，從而造成其周邊環境較高的油氣濃度。因此如何有效的解決主機曲軸箱爆炸的問題同時又能兼顧環保，便成為船舶設計和管理者共同面對的挑戰。

1、曲軸箱爆炸的原因分析

在正常條件下，船舶主機曲軸箱內的溫度相對低，油霧濃度也遠遠低於爆炸極限，因此不會發生曲軸箱著火或爆炸。但當船舶主機曲軸箱內出現高溫熱源($\geq 200^{\circ}\text{C}$)時，就會造成曲軸箱內滑油的“汽化”現象，形成油汽，這些油汽進一步冷凝形成大量的微小油滴而懸浮在空氣中，形成所謂的乳白色油霧(0.005-0.01ml)。油霧是一種極易爆炸的物質，大量的油霧會使曲軸箱內的油霧密度(油霧濃度)急劇升高，在高溫熱源達到 850°C 以上時將被點燃並迅速燃燒，使曲軸箱內的溫度和壓力急劇升高乃至爆炸。多數情況下曲軸箱爆炸對設備的損害僅限於柴油機本身，但當大

量油霧從曲軸箱進入到機艙內，發生爆炸時危害將更為嚴重。

造成曲軸箱爆炸的根本原因，主要是曲軸箱機體內高溫熱源，這些熱源主要來自以下幾個方面：

- (1)船用主機十字頭導板與滑塊出現局部磨擦；
- (2)十字頭軸承燒熔；
- (3)曲柄銷軸承燒熔；
- (4)鏈傳動裝置軸承燒熔；
- (5)上述各軸承潤滑油供給不足或中斷；
- (6)潤滑油進水被乳化、被腐蝕或被磨粒污染；
- (7)活塞環和填料函乾摩擦；
- (8)掃氣箱的火源通過填料函竄入曲軸箱；
- (9)曲軸箱內伸縮套管過熱等等。

2、曲軸箱爆炸的預防措施和方法

如以上所述可見，曲軸箱爆炸的影響因素多種多樣，做好預防工作十分必要。預防措施在日常工作中主要從以下兩個方面著手：

(1)日常維護

曲軸箱的爆炸事故的發生，在一定程度上也反映了船舶日常管理工作存在著疏忽和大意。勞氏船級社通過對其入級船舶的曲軸箱爆炸事故進

行資料分析顯示，在二衝程柴油機中引發曲軸箱爆炸的因素中因主軸承、主軸頸、十字頭故障佔43%，活塞佔33%，其他因素佔19%。因此在日常管理中應重點對這些部件的工作情況進行檢查，以儘早發現故障隱患，避免更大事故發生。同時在維修中應按照說明書的要求，調整好相關參數，並保證使用合格產品部件，不可忽視任一零部件的重要性。如某輪主軸承在2005年2月12日起開始發現滑油壓力不斷下降，且逐日加重。但由於管理人員疏忽大意，未能注意各設備工作參數的變化情況，對主機的主軸承未能及時進行檢查和更換，沒有按規定時間檢查主軸瓦與曲軸的貼合情況，或沒有及時進行曲軸撓度差測量，使曲軸處於軸瓦貼合情況較差的狀態下工作，引起主軸承高溫，引發曲軸箱爆炸、主軸承燒蝕、曲軸報廢的惡劣後果。

(2)監測和警報

對於曲軸箱爆炸，僅僅重視日常管理是不夠的。應及時掌握和控制曲軸箱內的狀況，避免爆炸事故發生，對曲軸箱實施油霧濃度監測和報警十分必要。根據SOLAS公約對預防火災的強制要求，各船級社均明確提出了在功率大於2250kW和(或)缸徑超

過300mm的船用主機必須裝有油霧探測器。油霧探測器作為大型柴油機運行的重要保護裝置，其主要功能是探測柴油機曲軸箱內的油霧濃度，從而監測柴油機的主要運行部件一曲軸和氣缸的工作狀況是否正常，潤滑油的含水量是否超標，避免柴油機事故的進一步擴大。SOLAS公約同時也指出應採用主軸承溫度監測以作為油霧濃度探測的補充。

目前船上所採用的曲軸箱油霧濃度監視報警器種類繁多，但工作原理相近。通常是採用吸收法或光散射法來監測油霧濃度。前者主要檢測經由發射器穿透油霧到接受器上光的數量(即直射光的強度)，當油霧濃度增大時，阻光度增加，測量通道一端的受光器(另一端為紅外光發射器)感受到的紅外光就減少，輸出的光電流也減少。當主軸承等發生故障時，曲軸箱內的油氣濃度急劇增加，達到一定濃度時，受光器輸出的電流低於設定報警值時，便發出報警信號，並控制主機緊急減速或停俾。而後者則是通過檢測由於油霧而散射光的數量(強度)。但這兩種方法都不適於長期使用，這是因為油霧探測器在運行中時常會由於監測管路受到油氣的污染而發生“誤報”，頻繁的誤動作不僅會

造成主機降低負荷而引起的零件材料疲勞，縮短零部件的使用壽命，也會使運行和檢修人員產生麻痹心理。這樣當曲軸箱運動部件真正出現故障時，不能及時排除隱患而造成事故。此外，由於執行時間的增加，電子元件老化和機器零部件的磨損，也可能造成頻繁的誤動作。油霧探測器是大型柴油機正常運行的保護裝置之一，因此要確保其正常工作，不可隨意退出運行。平時要做好維護保養工作，遇到問題要積極排除，不可大意。油霧探測器運行一段時間後，要測試其動作的可靠性。

3、日常管理注意事項及應急措施

3.1 日常管理

(1)加強輪機人員的培訓

由於輪機人員缺乏充分的培訓和足夠的海上資歷，或者由於英文說明書語文能力等原因，往往缺乏專業知識、技術能力和交流能力，因而導致了許多事故和險情。因此，應加強輪機人員和操作者的職前技能培訓，尤其是新船員的培訓。在對設備管理和操作者進行職前技能培訓過程中，應使其認識有關曲軸箱爆炸或著火的原因及其危害性，建立嚴格的操作和維護規程。提高操作人員的安全意識和

故障應變處理能力，避免因錯誤判斷而造成惡性事故的發生。

(2) 做好日常巡迴檢查

巡迴檢查是船舶機艙管理中一項重要的工作，巡迴檢查中應做到勤看、勤聽、勤換，特別對設備的重點部位要勤加檢查，發現問題及時正確加以處理。運行中曲軸箱道門過熱、透氣管有黑煙竄出、滑油溫度升高、曲軸箱油霧濃度探測器報警、防爆門打開等現象，是曲軸箱可能爆炸或著火的典型徵兆，應針對這些情況給予足夠重視，並及時記入輪機日誌。

(3) 定期進行設備檢查和維護

設備檢查包括機械設備的狀況檢查和監測設備的檢查。機械設備的狀況檢查包括定期檢查曲軸箱內導板與滑塊、十字頭軸承、曲柄銷軸承、主軸承、活塞桿與填料函、伸縮套管、鏈輪、減振器、透氣管道等部件的狀態，如曲軸箱內有無白合金碎片，有無過度磨損、燒熔現象和透氣管髒堵狀況等。一經發現應及時查找原因並進行相應修復或清除。檢測設備的檢查主要是應針對檢測油霧濃度、溫度、壓力等參數的傳感元件的工作狀況及其系統的工況進行檢查和校準。監測系統中大多數的電子元件屬於高精度元件，但因其安裝在柴油機本體

上，溫度高、振動大，工作環境極為惡劣，由此使得電子元件的老化加劇，產生溫度漂移，控制的靈敏度增加，誤動率也增加。

電子控制板需要重新調整，這些故障雖不會引起停機事故，卻會使船舶主機失去重要的保護。因此管理人員應做好定期維護工作，如定期更換空氣濾片、減壓空氣濾片，排出冷凝管的水分，清洗閥箱的油污，用酒精清洗探頭，用壓縮空氣吹掃採樣管、油路、氣路，並做必要的報警試驗及高油霧保護動作(最簡單的方法是從採樣管入口處吹一口香煙的煙霧進去)試驗。對於油氣分離器應按照相關使用說明書進行定期保養，如清洗分離盤、分離筒等以保障分離效果。防爆門的啟動壓力設定也應嚴格遵照安裝準則或請設備製造廠家校核，務必使其正常工作。

3.2 應急措施

當值班人員發現曲軸箱道門有打開跡象或曲軸箱內有大量可燃氣體竄出、滑油溫度急劇升高等現象時，應立即降速(如設有降速或停俾保護裝置)，慢俾運轉若干分鐘，使煙氣從曲軸箱通風管等處慢慢排出，並逐步降低機體溫度。切不可立即停俾，否則會因停俾後機體溫度不但不能快速

降低反而會繼續升高而引起曲軸箱暫態爆炸。在曲軸箱大量冒煙和慢俚運轉期間，輪機管理人員應迅速判斷原因並作出相應處理。待機器溫度下降至正常值時，可停止燃油供應，注意不要立即停止供應冷卻水和滑油。

迅速準備好滅火設備，一般採用二氧化碳滅火器滅火。儘量不用泡沫滅火，因其對機件有損害，事後需做大量清潔工作，甚至使滑油報廢，更要注意的是油火不宜用水施救。

曲軸箱如已爆炸，並有大量油煙溢出時，值班人員應沉著冷靜、堅守崗位，採取緊急停俚措施。並切斷啟動空氣，接上轉俚機，關閉輔助風機。此時嚴禁任何人員靠近曲軸箱道門和防爆門，或急於打開道門。

曲軸箱發生爆炸事故，在試圖打開任一曲軸箱道門之前應停俚至少**15min**，待曲軸箱內溫度降低後打開。否則在拆除曲軸箱道門時，會引起新鮮空氣進入，而爆炸後餘留的熱源將會引起劇烈的二次爆炸，帶來更為嚴重的機損事故，甚至危及管理人員的人身安全。

停俚後應徹底檢查各軸承、活塞桿、填料函、伸縮套管、鏈輪、減振器等，查找熱源產生的部位，消除產生熱源隱患。在未弄清原因並修復前嚴禁冒險動俚。

消除故障後可打開滑油泵，盤俚檢查滑油供給情況。一切正常後，脫開轉俚機，重新起動主機。

4、結束語

船舶曲軸箱爆炸事故發生的情況較少，而一旦發生其後果卻又非常嚴重，船舶航行在大海上，實施有效的預防性管理十分重要。預防性管理作為一種先進的管理模式，能夠實現先進的自動保護，但並不能使運行管理人員高枕無憂。只有正確地認識、維護、使用好這種系統，才能真正為船舶主機的安全運行提供可靠的保障。同時，作為管理者還應做好故障發生後的應急處理預案，避免機損事故的進一步擴大，保障船舶運營和人員安全。

