

戰 車 核 心 - 動 力 系 統 介 紹

作者/林存慈

提要

- 一、今日的主力戰車可謂是戰車進化的登峰造極之作，不論是裝甲、引擎、承載、火炮及射控系統等，均有長足的進步，尤其是機動能力和過去的戰車截然不同。
- 二、戰車突然出現在戰場上，對於敵方地面部隊所造成的震撼力是不可而喻的，因此主力戰車的機動力，即成為阻絕敵人戰車前進，甚至摧毀敵戰車的絕對必要條件。
- 三、本文將介紹燃氣渦輪引擎、柴油引擎兩種機型，並針對兩種機型的性能、結構系統進行比較。

關鍵詞：往復式引擎、汽油引擎、燃氣渦輪引擎、柴油引擎

壹、前言

戰車之所以擁有傲人的機動性能，不只是因為其擁有高效能的引擎，更主要歸功於其配備的動力輸出系統、進一步提高戰車推重比，再搭配高效率的變速箱，懸吊系統和操控裝置，使戰車擁有更加强而有力的加速性能，這對戰甲車輛來說，有效提升了在戰場上的存活率。

就目前國軍主要戰甲車而言，大多以柴油引擎為動力來源，少部分使用汽油引擎，而綜觀世界各國主力戰車之設計，其動力機的設計已有部分採用燃氣渦輪引擎，如美國陸軍的M1艾布蘭戰車，究竟柴油引擎與燃氣渦輪引擎兩者之間有何差異，以下就發展、工作原理、優劣比較等方面分別論述。

貳、戰車引擎發展

戰車引擎為戰車提供動力的裝置，簡單來說就是戰車的心臟，依據不同的時期，戰車引擎大致經歷了往復式引擎(汽油引擎、柴油引擎)、燃氣渦輪引擎兩大發展階段簡介如後：

一、 往復式引擎

往復式引擎是一種利用汽缸燃燒室燃燒燃料造成爆炸，產生力量推動一個或多個活塞，將壓力轉換成旋轉動能的引擎，主要使用的燃料以汽油及柴油為主。

(一)汽油引擎

1910 初期戰車幾乎都是汽油引擎，雖然在早期的原型車中，有以蒸氣引擎為動力的戰車，但未能大量生產。

世界上第一輛戰車英國的小遊民戰車選用現成農業、園藝機具的戴姆勒直列六缸水冷汽油引擎，最大功率只有 77.2 千瓦(105 匹)，最大速

度只有 6 公里/小時，引擎的構造雖然簡單，但它卻提供了足以令戰車這個龐然大物機動的能力，開創了機械化戰爭的新時代。

二戰期間，戰車引擎的功率已達 88~515 千瓦，最大速度達到 50 公里/小時，從選用戰車引擎到設計專用的引擎，戰車引擎的技術已經趨於成熟，專用戰車汽油引擎的結構更緊湊，經濟性更好。

(二)柴油引擎

1930 年初期，蘇聯、日本和波蘭等國便先後研製出戰車用的柴油引擎，開創了戰車動力裝置的先驅。特別是蘇聯著名的 T-34 中型戰車上的 V2 柴油引擎，它在世界戰車引擎歷史上占有相當重要的地位，雖然算不上是一個新機種，但柴油引擎和汽油引擎的差別還是相當明顯的。

汽油引擎及柴油引擎兩者的主要不同點是，汽油引擎是火星塞點火式內燃機，以汽油為燃料；而柴油引擎則為壓燃式內燃機，以柴油為燃料，靠汽缸內壓縮空氣形成的高溫使柴油混合氣自燃。

由於柴油在運輸、存儲和使用過程中較汽油安全的多，再加上柴油引擎的燃油耗率較相同功率的汽油引擎要低 20%~30%¹，所以，戰車動力裝置從汽油引擎發展到柴油引擎，是必然趨勢。

1970 年以來，戰車柴油引擎的性能大幅度提高，其主要原因是增壓技術進步，簡單的說，增壓柴油引擎就是多噴油、多進氣，通過採用高增壓、中間冷卻等多項技術措施使引擎能發出更大的功率。

二、燃氣渦輪引擎

1950 年代由於燃氣渦輪引擎在飛機上表現傑出的性能，英國、美國和前蘇聯等各國開始展開多種地面車輛燃氣渦輪引擎的研究製造工作。

1980 年，美國將 AGT-1500 燃氣渦輪引擎裝到 M1 主戰戰車(如圖 1)，燃氣渦輪引擎可以說是一種結構複雜、原理簡單的引擎，由於他的工作溫度高，各機件有旋轉運動而沒有往復運動，故可以使工作渦輪達到極高的轉速（22500 轉/分），輸出功率相當高。

燃氣輪引擎的優點是功率密度大、體積小、重量輕、加速和扭矩特性好、冷氣動性能好、維修性好、可採用多種燃料等，他的缺點也相對明顯，那就是耗油量大和所需空氣濾清器體積大、壽命短，採購價格也較高。

美國陸軍與通用公司，簽訂了研發 LV100 的合約於 1996 年完成 LV100 的研發，LV100 燃氣渦輪引擎零件數目比 AGT-1500 燃氣渦輪引擎減少 30%，功率為 1103-1470KW²。

1 《坦克發動機發展三部曲》，<http://www.people.com.cn/>，檢索日期：107 年 5 月 22 日。

2 馮益柏，《坦克裝甲設計-動力系統卷》，化學工業出版社，2015 年 11 月，頁 7。

圖1、M1A2戰車



資料來源：尖端科技軍事資料庫

參、柴油引擎、燃氣渦輪引擎介紹

在世界各國主力戰車中，公認比較先進的戰車有美國M1、德國豹2、法國雷克勒、日本10式等，戰車的引擎型式主要分為往復活塞式引擎(柴油引擎)及燃氣渦輪引擎，無論是柴油引擎、燃氣渦輪引擎都有其特殊性及優、缺點，以下是各引擎之介紹：

一、柴油引擎

德國柴油引擎長期以來在世界各國享有盛譽，MTU公司研製的MB873Ka-501型V12四行程水冷柴油引擎是豹2戰車(如圖2)在世界戰車排名中多年名列前茅的重要原因，故柴油引擎以MB873Ka-501型作為代表實施介紹。

圖2、豹2A7戰車



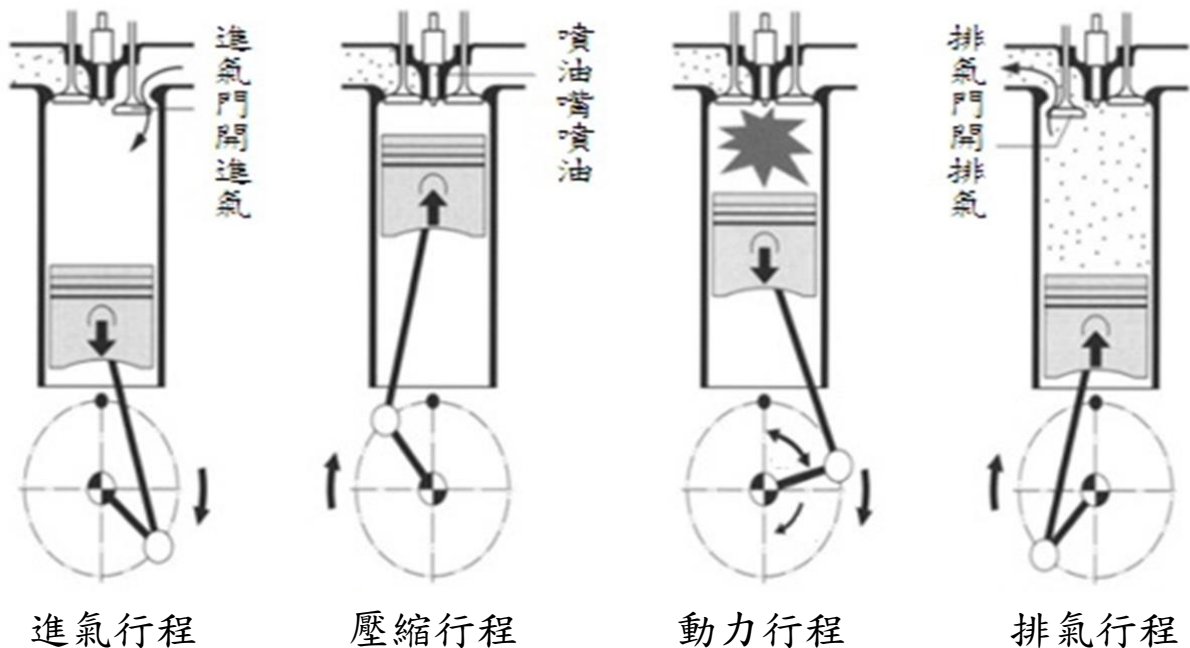
資料來源：尖端科技軍事資料庫

(一)引擎工作原理：

四行程柴油引擎是引擎曲軸旋轉兩轉(720°)，而活塞在汽缸內往復各兩次；以進行進氣、壓縮、動力及排氣四個行程，而完成一個工作循環，如此週而復始的運轉³，如圖3所示。

3 王俊祥，《柴油引擎與燃氣渦輪引擎之比較》，裝甲兵學術季刊，第223期，頁3-4。

圖3、四行程柴油引擎工作原理



資料來源：<http://www.tyai.tyc.edu.tw/am/mtkao/file/car/d/car-d1.pdf>_柴油引擎原理，作者加繪

(二) MB873Ka-501 引擎介紹

MB873 的基本型是 MB873Ka-500，與豹 1 使用的 MB838Ca-500 系出一脈。在體積和重量略有增加的情況下，功率提高了約 45%，是向高單位體積功率整體式動力裝置發展邁出的第一步。

MB873 實際上，60 年代開始研發的 MB870 系列的子型號，該系列還有 10 缸的 MB872、8 缸的 MB871 及 6 缸的 MB870，都擁有相似的基本結構。

MB873Ka-500(如圖 4、5)從 1966 年開始接受測試，其中包括傾斜運轉、高溫過熱、低溫啟動、水中背壓運轉等嚴酷的鑑定試驗，還進行了多次裝車試驗，連續行駛里程達 165,000 公里。MTU 公司將汽缸直徑從 165 公厘增大到 170 公厘，活塞行程從 155 公厘增大到 175 公厘研改出 MB873Ka-501，明顯地增大了扭距儲備係數，提高了加速性，豹 2 從 0-32 公里/小時的加速時間只需 7 秒。柴油引擎一大優勢是燃料經濟性好，耗油率警為 2.19 升/公里，全車 1.160 公升的載油量使豹 2 最大形成達到 550 公里⁴。

圖4、MB873Ka-500側面尺寸圖

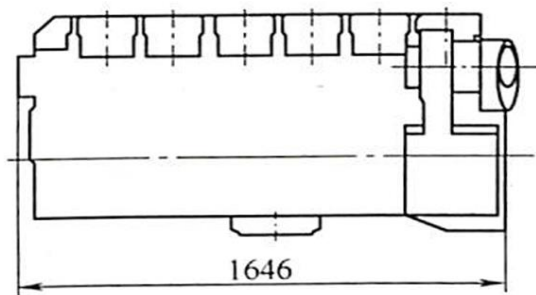
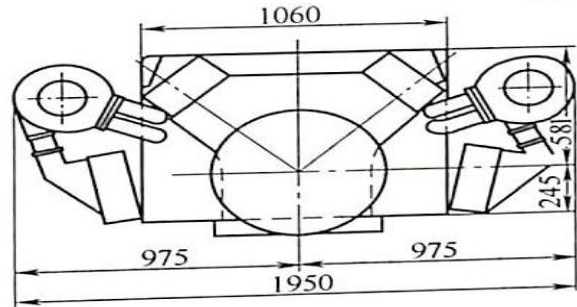


圖5、MB873Ka-500正面尺寸圖



資料來源：坦克裝甲設計-動力系統卷馮益柏主編，化學工業出版社，2015年11月，作者加繪。

MB873Ka-501 在缸徑、缸心距、汽缸排(如圖 6、7)列等方面，基本上表現了上一代 MB837 系引擎的總體佈置特徵，在 V 行夾角內，裝有噴油泵、進氣管、汽門傳動機構。引擎左側裝有水泵、啟動電機、機油濾清器和機油散熱器。右側裝有發電機、機油泵。

通過總體佈置使每一部件合理安裝，保持引擎外行程緊湊的距形，整個動力裝置總成在野戰條件下更換時間只需要 15 分鐘⁵。

圖6、MB873Ka-501側面尺寸圖

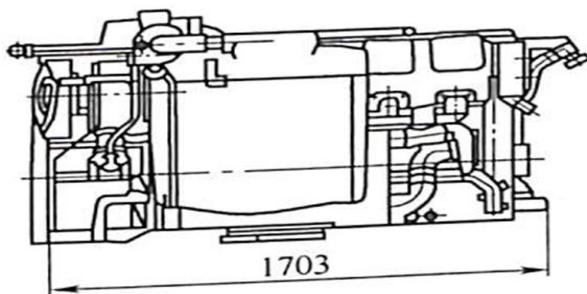
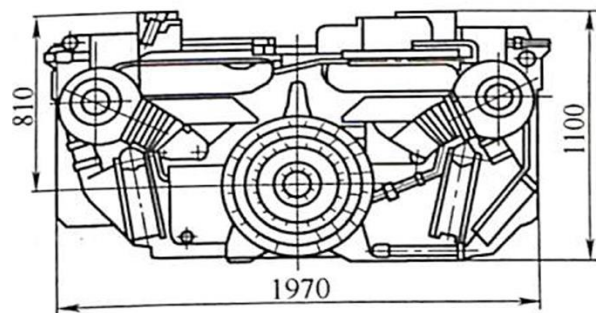


圖7、MB873Ka-501外廓尺寸圖



資料來源：坦克裝甲設計-動力系統卷馮益柏主編，化學工業出版社，2015年11月，作者加繪。

MB873Ka-501(如圖 6)單位體積的輸出功率相當驚人，使用緊湊高效的閉式迴圈冷卻系統，實際尺寸比引擎本身還要大，而工作方式又與燃氣渦輪引擎截然不同，必須為之配備高效的散熱系統，否則輕則工作不穩定，重則造成引擎活塞咬死。

中心樁有轉速可調的吸風式離心風扇，熱交換器部分由輕合金材料製成，為了保證空氣能均勻流入環形散熱器，減少壓力損失，風扇葉輪周圍有導向葉片環，冷卻風扇的分離或結合由液壓裝置控制，液體流量

5 呂友煌，《中共坦克動力系統發展研析》裝甲兵學術季刊，第 219 期，頁 5。

通過 1 個冷卻水溫度感測器調節，從而控制風扇離合，以保證不同狀況下需要的冷卻空氣量。

通過限制功率和使引擎加速過程最佳化來防止引擎過熱，但這種冷卻系統的缺點是消耗功率較大，在標定功率時風扇消耗功率達 162 千瓦(220 匹馬力)。空氣濾清器固定在機體兩側，從而簡化了進氣管道，占動力裝置體積的 9%。空氣濾清器由旋風式塵埃預分離器(粗濾)和紙濾(清濾)兩部分組成，長期使用對灰塵的吸附率仍可達 99.9%。乾式潤滑油系統可保證引擎在縱向傾斜 35 度，橫向傾斜 25 度時仍可正常工作⁶。

圖6、MB873Ka-501柴油引擎



資料來源：圖片摘自：尖端科技軍事資料庫

MB873Ka-501 用 18 千瓦、24 伏啟動電機發動，有預熱輔助裝置。在-30 度時不需其他輔助裝置即可啟動;在-18 度時不需預熱即可啟動，但是在-40 度時須用輔助加溫裝置方可啟動。為了保證引擎低溫正常啟動和運轉，為冷卻液和潤滑油安裝了加溫裝置。

該引擎的功率為 20 千瓦，電壓為 28 伏，由主引擎通過法蘭盤連接加以驅動。還有一部分功率為 16.2 千瓦(22 匹馬力)的 MWM4 衝程雙缸多種燃料引擎作為輔機，驅動 9 千瓦的輔助發電機。豹 2 有 8 顆蓄電池，每顆電池容量為 125 安培、12 伏特⁷。

(三) MB873Ka-501 引擎優點：

1. 壓縮機是由廢氣渦輪來驅動的，渦輪利用了廢氣的能量，而大大提高了引擎的經濟性

6 周小康，陸戰之王-世界各國主力戰車，2008 年 2 月頁 61。

7 周小康，陸戰之王-世界各國主力戰車，2008 年 2 月頁 61。

- 2.廢氣渦輪增壓器轉速高，結構緊湊。
- 3.增壓器與發動機之間僅為氣動連繫，配置比較自由。
- 4.隨海拔高度增加，具有一定的功率自補償能力。
- 5.通過採用高增壓、高的燃燒峰值壓力(15~17MPa)、高的燃油噴射壓力(118~137MPa)可變截面增壓器和電子控制管理系統技術，可大幅提高功率、降低油耗、減少排氣煙度和提高車輛性能。

(四) MB873Ka-501 引擎缺點：

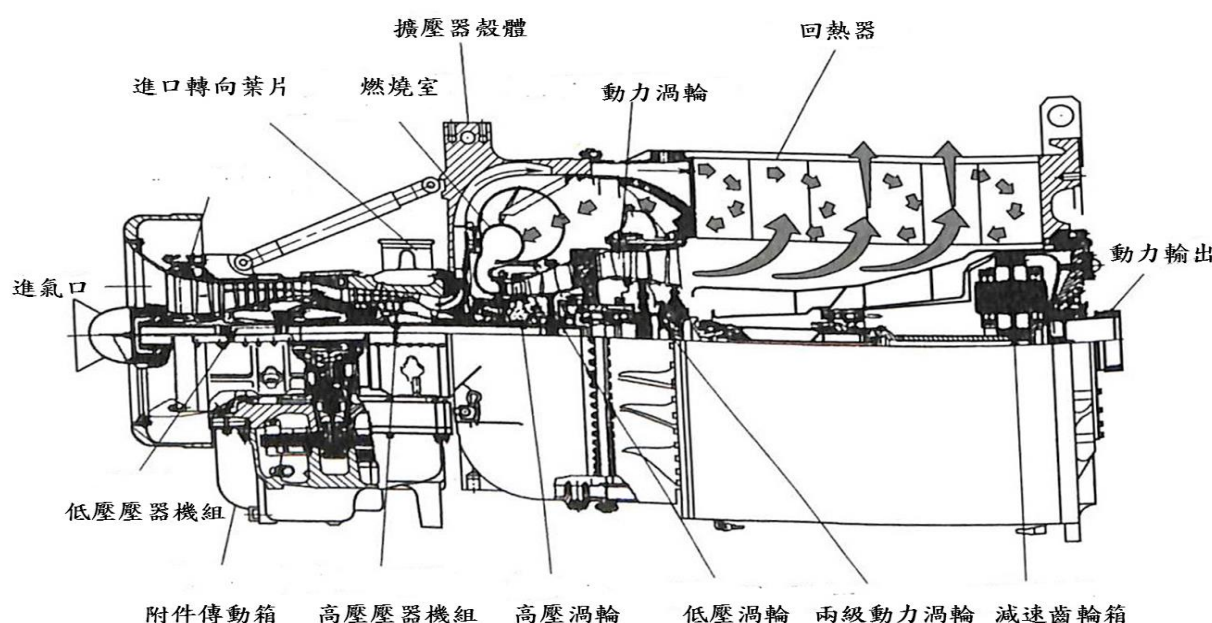
- 1.瞬間反應性能較差。
- 2.熱幅射高。
- 3.對排氣壓力的敏感性較大，在一定程度上影響戰車的性能，尤其是水下啟動性能⁸。

二、燃氣渦輪引擎

在世界各國主力戰車中，有使用燃氣渦輪引擎的國家有美國M1戰車 AGT-1500引擎及俄羅斯T80戰車GT601引擎，國軍主要武器裝備多為美系裝備，故本文針對M1戰車AGT-1500引擎實施介紹。

(一)工作原理

圖7、AGT-1500燃氣渦輪引擎剖面圖



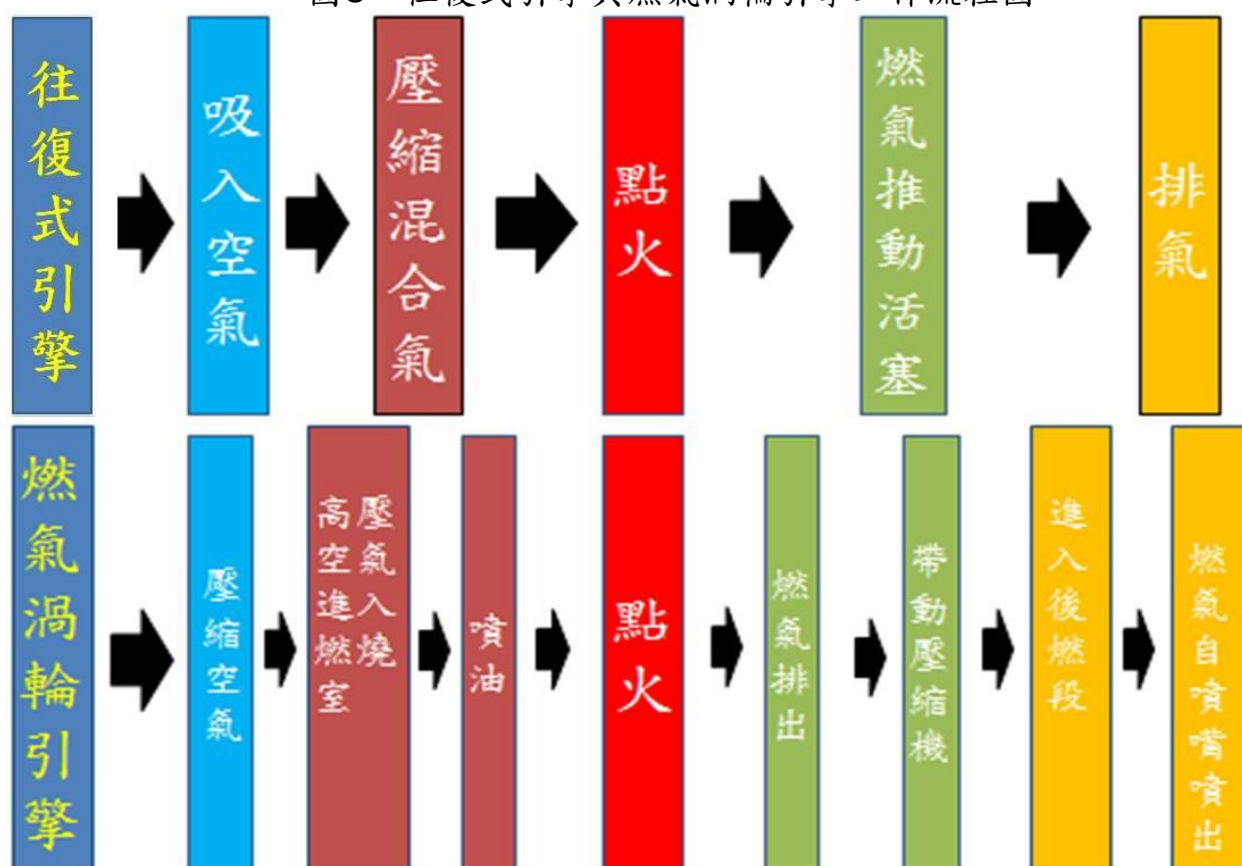
資料來源：坦克裝甲設計-動力系統卷馮益柏主編，化學工業出版社，2015.1，作者加繪

基本上燃氣渦輪引擎(如圖 7)的工作原理就如同一般的往復式引擎，引擎工作原理是先吸入空氣→壓縮混和氣→點火→燃氣推動活塞（產生動力）→排氣。

⁸ 馮益柏，《坦克裝甲設計-動力系統卷》，化學工業出版社，2015 年 11 月，頁 176。

但是有些許不同，渦輪噴射發動機的工作過程是，壓縮空氣→高壓空氣進入燃燒室→噴油→點火→燃氣排出→帶動壓縮機→進入後燃段→燃氣自噴嘴噴出(如圖 8)。也就是空氣經過壓縮機增壓，通過回熱器將溫度升高，然後在燃燒室與燃油混合成燃氣，透過高壓壓縮機加壓送入汽缸內，利用引擎運轉排出的廢氣將動力輸出給渦輪葉片，然後輸出功率到傳動裝置。

圖8、往復式引擎與燃氣渦輪引擎工作流程圖



資料來源：作者自行製作

從中我們可以發現兩種引擎的差別在於往復式引擎需先將活塞的往復運動轉變為轉動能再輸出動力，而渦輪則是直接產生轉動的動力帶動壓縮機，再以剩餘的燃氣產生推力，由此可知因為噴射發動機是直接產生推力因此效率也比活塞引擎好的多。

一般而言，噴射發動機內部產生的動力約有 3/4 是用在帶動壓縮機。其餘的 1/4 才是產生推進飛行器的推力⁹。

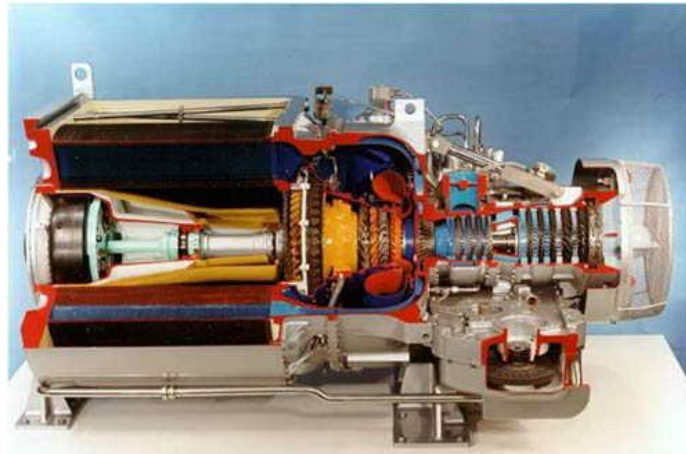
(二) AGT-1500 引擎介紹

AGT-1500 引擎(如圖 9)是回熱迴圈結合三轉子結構所組成的燃氣渦輪引擎，由壓縮機、壓縮機渦輪、動力渦輪、燃燒室、回熱器、減速齒輪箱、燃油系統、附件傳動箱、啟動電機等組成¹⁰。

9 王俊祥，《柴油引擎與燃氣渦輪引擎之比較》，裝甲兵學術季刊，第 223 期，頁 5。

10 毒島刀也，《地表最強戰車!M1 艾布蘭徹底追蹤》，2011 年 10 月，頁 152-153。

圖9、AGT-1500燃氣渦輪引擎



資料來源：http://www.twword.com/wiki/%E7%BE%8E%E5%9C%8BAGT-1500%E5%9D%A6%E5%85%8B%E7%87%83%E6%B0%A3%E8%BC%AA%E6%A9%9F#4_21

空氣首先進入兩個外置式單級唐納遜(Donaldson)「緊密薄片」慣性分離式濾清器，然後接受 V-Pac 屏障濾清器的過濾，再進入軸向進氣管道。

壓縮機由低壓和高壓兩級組成，為套軸式反轉結構，高壓級的管軸套裝在低壓級的實心軸上，低壓級是 5 級軸流，高壓級是 4 級軸流和 1 級離心，空氣由離心引導到徑向擴壓器，壓縮機進口前裝有可變進器導向葉片。

回熱器為固定式橫流熱交換器，由液壓成型的多層 A286 不鏽鋼板焊接而成，外型呈圓柱形，軸向流動的空氣與橫向流動的廢氣在回熱器中交叉傳熱進行熱交換，60%功率時的回熱效率為 72%，回熱器是中空的，其中放置了渦輪排氣擴壓器和減速齒輪箱，如果在戰鬥中回熱器損壞，有 1 個可旋轉的碟形閥可以使增壓器後的空氣不經過回熱器而直接進入燃燒室，引擎廢氣再通過 1 個擴張的通道排向車外。

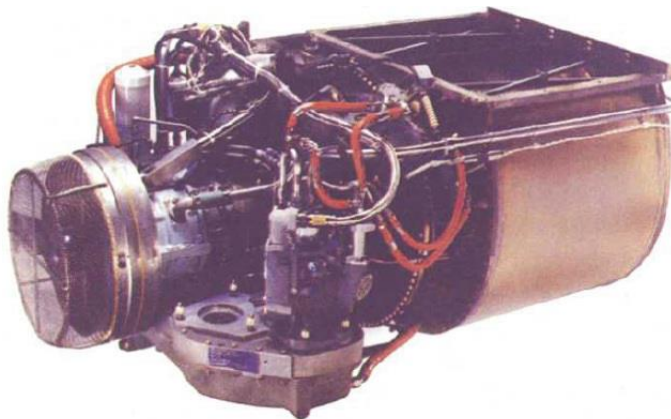
燃燒室為單管式切向渦管形，壓縮機渦輪由高壓級和低壓級組成，高壓渦輪通過套管軸驅動高壓壓縮機，轉速為 3,500 轉/分，低壓渦輪通過實心軸驅動低壓壓縮機，轉速為 33,500 轉/分，高壓渦輪葉片由從壓縮機引出的空氣進行冷卻，渦輪進口溫度為 1,193 度。動力渦輪輸出轉速為 22,500 轉/分¹¹，採用可調噴嘴，以控制動力渦輪的輸出功率。

引擎通過整體式齒輪泵供油，採用壓力機械式燃油調速器，帶有程式啟動和控制動力渦輪速度的電控裝置，過熱或超速情況下，電控裝置還能使引擎斷油，時間僅需 50 微秒，完全開啟動力渦輪的嘴只需 100 微秒，傳統系統的監測裝置監測壓縮機的出口壓力，用以精確估計可利用的功率，後調節動力渦輪的扭矩，使油耗達到最低。

11 周小康，《陸戰之王-世界各國主力戰車》，2008 年 2 月，頁 33。

AGT-1500 燃氣渦輪引擎(圖 10)帶有一個由壓縮機高壓級套管區軸驅動的附件傳動箱，驅動全部附件消耗的功率是 25.7-73.5 千瓦(35-100 馬力)，引擎依靠 1 個 12 伏啟動電機通過附件傳動鏈啟動燃氣輪機，備有 1 個附加驅動座以利用輔助啟動器¹²。

圖10、AGT-1500燃氣渦輪引擎



資料來源：[http://zh.wikipedia.org/wiki/ 維基百科-燃氣渦輪發動機](http://zh.wikipedia.org/wiki/維基百科-燃氣渦輪發動機)

(三) AGT-1500 引擎優點：

1.結構簡單、重量輕、體積小：

燃氣渦輪引擎結構簡單，總零件數比柴油引擎少 30%，運動件只有柴油引擎的 1/5，軸承數是柴油引擎的 1/3，密封件和齒輪數是柴油引擎的一半。該燃氣輪機的重量約為 AVCR-1360-2 可變壓縮比發動機或「豹」2 戰車柴油引擎的一半；本體尺寸小，但與之匹配的空氣濾清器尺寸較大，因此體積小的優越性不明顯。

2.維修簡便：

該燃氣渦輪引擎採用模組化設計方法，且便於從上面接近，附件的修理和更換無須拆卸發動機，2/3 的維修工作不需挪動發動機；吊裝方便，1 小時內可以取出發動機並重新安裝好；機油消耗量僅為柴油引擎的 1/10，不需定期更換機油和機油濾清器，AGT-1500 大修間隔 12,000-18,000 小時。

3.冷啟動性能好：

燃氣渦輪引擎摩擦件少，啟動力較小，可以使用功率較小的發動機。該燃氣渦輪引擎在-31 度的低溫下不需燠熱即可啟動；「豹」2 戰車柴油引擎在-18 度條件下需要預熱才能啟動。

4.負荷反應快：

燃氣渦輪引擎從怠轉達到全功率運轉的時間短，只要燃料穩定的供應，以 AGT-1500 為例，只需 2.5 秒引擎很快就可達到工作溫度輸出全功率，因而可提高戰車的加速性。¹³。

12 周小康，陸戰之王-世界各國主力戰車，2008 年 2 月，頁 33。

13 呂友煌，《中共坦克動力系統發展研析》裝甲兵學術季刊，第 219 期，頁 13。

5. 扭距特性好：

燃氣渦輪引擎的扭距隨動力渦輪的轉速降低而增大。具有良好的越野性能。因扭距儲備係數大，可以簡化傳動裝置。對於液力機械傳動而言，可以減少使用液力變距器的時間，因而可減少傳動裝置的散熱量和提高傳動裝置的效率。

6. 可使用多種燃料：

燃氣渦輪引擎常用的燃料柴油和 JP4、JP5 航空汽油，緊急時可使用汽油、普通煤油，如需改變燃料只須根據燃料的比重轉動駕駛室中的刻度盤，操作很方便。由於 AGT-1500 能與陸軍航空兵的直升機使用相同的燃料，無疑大幅簡化了戰時後勤補給。

(四) AGT-1500 引擎缺點：

1. 燃油消耗率高：

尤其是在低轉速、部分負荷時。熱效率低，油耗更高，一般戰車發動機總運轉時間的 35% 是怠速，25% 是低功率，而高功率運轉只佔 20%。因此，行駛同樣的里程，燃氣渦輪引擎將多耗油 30%~70%¹⁴，以燃氣渦輪引擎為動力的戰車作戰巡航里程要小得多，這給後勤補給帶來了困難。

2. 空氣消耗量大：

比柴油引擎的空氣消耗量多兩倍以上，在波灣戰爭中，對 M1 戰車燃氣輪機每隔幾個小時要用鼓風機清除其空氣濾清器上的灰塵，美國推出的 LV100 燃氣輪機已具有自潔能力，在一定程度上解決了這一問題，但其濾清器和回熱器龐大的體積，使燃氣渦輪引擎基本失去了原本應有的體積小、單位體積功率大的優勢。

3. 製造成本高：

約為柴油引擎造價的 2 倍，加工困難、精度要求都很高，需要很多精密的機械加工設備。

4. 制動困難：

由於燃氣渦輪引擎的壓縮機、動力渦輪等的轉速很高，慣性很大，制動困難，裝燃氣渦輪引擎的車輛必須配置更強有力的制動器，作用於制動上的機械負荷和熱負荷很高。當然也可採用可調節噴嘴進行制動，但結構複雜，成本更高。

肆、燃氣渦輪引擎、柴油引擎兩種機型的性能比較

戰車該以柴油引擎還是燃氣渦輪引擎為主要動力，已經經歷數十年的討論，有主張燃氣渦輪引擎結構簡單、重量輕、體積小、維修簡便及可使用多種燃料等優點，也有主張柴油引擎高功率、降低油耗、減少排氣煙度和提高車輛性

14 馮益柏，《坦克裝甲設計-動力系統卷》，化學工業出版社，2015 年 11 月，頁 15。

能等優點，兩種不同的引擎，各有不同的支持者，以下針對兩種機型的性能、結構系統進行比較。

一、引擎性能比較

(一)結構、重量及體積：

燃氣渦輪引擎結構簡單，總零件數比柴油引擎少 30%，運動件只有柴油引擎的 1/5，軸承數是柴油引擎的 1/3¹⁵，密封件和齒輪數是柴油引擎的一半。以 M1 戰車為例，該燃氣渦輪引擎的重量約為豹二坦克引擎的一半，但本體尺寸小而與之匹配的空氣濾清器尺寸較大，因此燃氣渦輪引擎整體上體積小的優越性不明顯。

(二)冷卻系統

燃氣渦輪引擎的主要優點是沒有柴油引擎所必需的冷卻系統和機油消耗量小，從而減小的動力裝置的尺寸，簡化了使用，減少了保養的時間和工作量。

(三)往復運轉

在燃氣渦輪引擎中沒有旋轉無往復運動，而往復運動是活塞式引擎出現不平衡力和力矩並引起扭振的原因。在燃氣渦輪引擎，所有運轉的零件均是旋轉件，且都是經過預先平衡的高度旋轉的零件。因此，高的平穩性運轉和良好的平衡性，提高了燃氣渦輪引擎的工作可靠性。

(四)燃燒完全

由於燃料的不完全燃燒，在柴油引擎的燃氣火焰中含有燃燒產物的微粒，它們具有高的溫度，是強大的熱輻射源。燃氣渦輪引擎在進行燃燒過程時有相當大的多餘空氣量，以確保燃料幾乎完全燃燒，並且排出的氣體溫度較低。由於這個原因，燃氣輪機具有低的熱特徵。

二、引擎結構系統的比較

作為戰車推進系統的重要元件，單位體積功率、單位重量功率及隱蔽能力是影響戰車戰場生存能力的重要性能。

(一)動力傳動裝置的重量和體積為便於分析比較，現舉出功率相當的柴油引擎與燃氣渦輪引擎並安裝於戰車上所構成的動力傳動裝置，它們的體積和重量列於表 1。由於燃氣渦輪引擎本身結構緊湊，重量輕，基本不需要冷卻等特點，從而在系統的體積和重量方面上有明顯的優勢。

15 呂友煌，《中共坦克動力系統發展研析》裝甲兵學術季刊，第 219 期，頁 13。

表1 燃氣渦輪引擎與柴油引擎性能比較表

車型/發動機型號 參數	M1/AGT-1500	豹2/MB873Ka-501
發動機的重量	1120(kg)	2250(kg)
發動機的體積L*W*H	1600*1016*711	1703*1971*1100
標定功率	1119(kW)	1103(kW)
風扇消耗功率	40~90(kW)	164.18(kW)
風扇耗功所佔比例	4~9	14.89
燃燒用空氣流量	5.44(kg/s)	2(kg/s)
總空氣流量(燃燒+冷卻)	9.61(kg/s)	20(kg/s)
發動機類型	燃氣渦輪引擎	柴油引擎
首次大修期	1200(h)	約500(h)

資料來源：作者自行製作

- (二)傳至主動輪的功率和扭矩與同功率的柴油引擎相比，燃氣渦輪引擎可在各種情況下，向主動輪提供更多的有效功率，系統的冷卻損失，燃氣渦輪引擎與柴油引擎冷卻風扇消耗的功率列從表 1 可知，戰車裝備 AGT-1500 燃氣渦輪引擎後，冷卻風扇功率明顯低於裝用柴油引擎，僅占發動機標定功率的 4%~9%。
- (三)空氣耗量的比較燃氣渦輪引擎用於燃燒的空氣流量約為柴油引擎的 2 倍，但若將引擎的冷卻用空氣流量考慮在內，則用柴油引擎時總的空氣耗量大於燃氣輪機，見表 1。
- (四)排煙在戰場上，排氣帶煙將暴露目標，柴油引擎在加速的情況下會產生可見的黑煙，而燃氣渦輪引擎排氣均不帶黑煙。
- (五)系統對戰車戰場效能的影響
- 1.燃氣渦輪引擎與柴油引擎啟動過程上有本質的差異。柴油引擎啟動，除要克服滾動、滑動阻力外，還需克服汽缸內的氣體壓縮功，故啟動電機功率較高；加壓燃的特點，一般氣溫在-20℃以下時，無附加裝置即不能啟動。燃氣渦輪引擎的啟動，只是加速燃氣發生器，且為低摩擦的滾動軸承，故啟動電機功率相對較低，並能在更低的溫度(-54℃)下直接啟動。
 - 2.車輛的里程燃油消耗率直接影響戰車的巡航里程，燃氣渦輪引擎燃油消耗率較高，因此一般認為會影響戰車的巡航里程。
功率相當的柴油引擎與燃氣渦輪引擎相比，盡管燃氣渦輪引擎的怠速油耗較高，但對執行任務油耗影響不大，執行任務燃油需要量，無論是AGT-1500戰車燃氣渦輪引擎，都與柴油引擎相近。
 - 3.多種燃料的性能，燃氣渦輪引擎常用的燃料是1號、2號柴油和4號、5號噴氣機燃料，急需時亦可使用汽油、煤油、天然氣等等，如需改變燃料，

只需根據燃料的比重轉動駕駛室中的刻度盤，操作很方便；而柴油引擎燃料僅限於柴油。。

(六)系統對戰車造價、維修費用及維修方便性

- 1.可靠性和耐久性與柴油引擎相比，燃氣渦輪引擎的零件少30%，易損件少2/3，且無往復引擎摩擦運動，因此故障率低。根據統計AGT-1500燃氣渦輪引擎的平均故障間隔時間為400h，首次大修的最長時間達2646h。引擎首次大修時間對比見表1。
- 2.引擎的價格在極大的程度上是取決於生產數量與製程工藝技術，正是因為如此，在戰車專用燃氣渦輪引擎未大量普遍時，想要實現規模經濟是不容易的，AGT-1500燃氣渦輪引擎的平均單價是142,857美元，是其他主力戰車柴油引擎均價的1.5倍¹⁶。維修費用部份，一般燃氣渦輪引擎大修的費用，通常是相同功率柴油引擎的2倍以上。在維修方便性方面，燃氣渦輪引擎採用的設計方法，便於讓保修人員從引擎上方實施維保，且2/3附件的修理和更換通常無需拆卸動力機，這部份比柴油引擎更有利維修作業執行。
- 3.可用性與可靠性、可維修性和耐久性密切相關，從理論上和實踐上均表明燃氣渦輪引擎在這些方面具有顯著的優勢。

伍、結論

未來，無論是戰車性能提升或是購買新式戰車，應將馬力提升至1500匹左右，馬力/重量比亦應提升至25~30HP/t，加上高效率的變速箱及承載系統，增加作戰機動速度、靈活度及越野能力，才能符合戰場快速機動的要求，進而提升戰場存活與殲敵率。

燃氣渦輪引擎以及柴油引擎則各有優缺點，目前使用燃氣渦輪引擎的代表為美軍M1主力戰車，而使用柴油引擎則為德國豹2A7戰車性能較為強大；燃氣渦輪引擎在許多方面都優於柴油引擎，構造簡單、維修耗時短、重量輕、輸出功率大，但燃氣渦輪引擎一直以來最令人詬病的就是那好比吃油怪獸的耗油量；美軍在近年的戰爭中為了維持使用燃氣渦輪M-1的優良形象，花費不少當初設計規劃時未設想到的金錢及人力成本，雖然在未來引擎模組化技術可能得以解決這項缺點，但是現在能負擔如此重大花費的國家畢竟是少數，然而目前有許多針對柴油引擎缺點所研發出來的技術，如：機械式渦輪增壓技術(改善加速性能較差)、使用多燃料引擎(解低溫環境啟動速度慢的問題)，選用柴油引擎或許也是一個不錯的選項，因此，如果要使用搭燃氣渦輪引擎之戰車，燃氣渦輪引擎所帶來的高維修成本及油耗量過大的問題，都是必須妥善處理的問題。

16 呂友煌，《中共坦克動力系統發展研析》裝甲兵學術季刊，第219期，頁13。

參考文獻

1. 周小康，陸戰之王-世界各國主力戰車，2008年2月。
2. 馮益柏，《坦克裝甲設計-動力系統卷》，化學工業出版社，2015年11月。
3. 毒島刀也，《地表最強戰車!M1艾布蘭徹底追蹤》，2011年10月。
4. 呂友煌，《中共坦克動力系統發展研析》裝甲兵學術季刊，第219期。
5. 王俊祥，《柴油引擎與燃氣渦輪引擎之比較》，裝甲兵學術季刊，第223期。
6. 自動車原理TM9-8000，77年11月15日。
7. <http://www.people.com.cn/> 坦克發動機發展三部曲。
8. <http://www.tyai.tyc.edu.tw/am/mtkao/file/car/d/car-d1.pdf> 柴油引擎原理。
9. <http://zh.wikipedia.org/wiki/> 維基百科-燃氣渦輪發動機。
10. <http://zh.wikipedia.org/wiki/> 維基百科。

作者簡介



姓名：林存慈

學歷：領士88年16期

經歷：車長、副排長、連士官長、中隊長，現任職於裝訓部車輛組士官長教官

電子信箱：軍網：K129198@webmail.com

民網：K121666311@gmail.com