

SR-71黑鳥機傳奇(上)

· 魏悛傑 ·

摘要

在美國的航空發展史上，SR-71黑鳥機佔有極重要的地位，它進入美國空軍服役後，優異的飛行性能立即讓當時的戰機相形失色，即便如今已經除役，仍是全球唯一可飛行速度三馬赫、飛行高度兩萬四千公尺以上的生產型飛機。以一九六〇年代的航空工業水準製造出性能如此先進的飛機，洛克希德公司為航空製造寫下了一頁傳奇。

洛克希德公司 (Lockheed，以下簡稱洛廠) 會發展黑鳥機 (Blackbird)，是為了要取代一九五五年首飛的U-2高空偵察機。

一九五〇年代中情局 (CIA) 和美國空軍的分析顯示，由於敵對國家的空防科技發展，U-2的偵察生涯恐怕維持不了幾年，因此在



黃軍服專案第一個設計構型CL-400。

開始服役的一九五六年，洛廠就著手開發一架二點五倍音速、以氫為燃料、巡航高度三萬公尺的高空偵察機。當時只有

二十五人獲准參與此高機密專案，代號為「黃軍服 (Guntan)」。

最早的設計是一架長約五十公尺、起飛總重近三萬兩千公斤、外形類似該公司F-104星式戰鬥機 (Starfighter) 的飛機。這架代號CL-400的飛機不論在材料、製造、機體／引擎整合、燃油種類、儲存、操控都充滿技術挑戰，導致洛廠懷疑設計的可行性。

然而，在完成CL-400設計及任務需求進一步分析後，洛廠判定這架飛機航程不足，且有許多當時科技無法解決的問題，並於一九五七年與空軍的某次會議中，建議終止此專案，改以一體型較小、較輕及由兩具普惠 (Pratt & Whitney) J58傳統噴射發動機推動的飛機取代。空軍遂於一九五九年二月終止黃軍服專案，並以CL-400-15P構型轉入「天使長」(Archangel) 專案取代之。

一九五七年秋天，中情局完成一項雷達藉由速度、高度、雷達截面積 (Radar Cross-Section) 偵測飛機的機率研究，結果顯示超音速飛行可大幅降低被傳統雷達偵測到的機率。中情局隨後在風格 (Gusto) 專案下，向洛廠及通用動力公司康維爾分部 (General Dynamics Convair Division) 發出設計邀請書 (Request of Proposal)。中情局的設計目標是飛機可攜帶兩百二十公斤的偵照設備，執行無空中加油的任務半徑三千七百公里，巡航高度兩萬七千公尺。

通用動力公司的設計是一架代號為「魚」

(Fish)、由衝壓發動機 (ramjet) 推動、以B-58超音速轟炸機攜帶上天的飛機。為承受高溫的氣動力摩擦熱，還有最小的雷達截面積，使用一種在高溫下熱膨脹係數趨近於零的火陶瓷 (Pyro Ceram)，以及其他抗高熱的吸波材料。當載機到達兩倍音速時發射此飛機，它靠著兩具馬奎德 (Marquardt) 衝壓發動機飛到四點二五馬赫的巡航速度執行偵察任務，降落時則換由兩具通用電機 (General Electric) 的J85渦輪噴射發動機擔綱。不過通用動力公司最後認為這架飛機的尺寸、推進系統、後勤支援都太理想化，因此摒棄原設計，代之以一體型較大、不需其他載機就能上天的飛機。

新設計的這架飛機稱為「大王魚」(Kingfish)，使用兩具普惠的J58發動機，最大飛行速度約三點二五馬赫，最高飛行高度三萬八千公尺，機翼邊緣呈楔型交錯以充填吸波材料。通用動力公司製造了一架尺寸模型機進行雷達蹤跡測試，但未製造飛行測試機。

洛廠當時則忙於構想可行的設計，洛廠設計中的這架新飛機最初稱為U-3，它必須滿足嚴格的雷達截面積限制，且較U-2更能反制敵方空防系統。洛廠提出好幾個設計方案，這些方案雖然可高速、高空飛行，卻無法降低雷達蹤跡，因此有一陣子洛廠認為通用動力公司會贏得後續的生產製造合約。



大王魚機翼邊緣呈楔型交錯，以充填吸波材料。

設計方案

在一九五八到一九五九年間，洛廠一共向中情局提出十一種高速、高空飛機設計方案，就在洛廠認為大王魚設計會是贏家時，中情局表示只要雷達截面積和速度滿足需求，該局可接受巡航高度較低的飛機。洛廠立即修改設計，而第十二個設計方案，也就在中情局的評比中勝出，被選定為後續生產的機型。

一九五八年七月，第一個設計構型天使長一號(A-1)出爐，它有著傳統的外形，全長五十一公尺，針狀機鼻，機翼在機身上方，翼展十五公尺，翼前緣大角度後掠，翼後緣則稍微後掠，兩翼根下方各一具J58發動機，大型垂直尾和水平尾相互交叉。

全機空重約一萬九千公斤，油箱容量兩萬八千公斤，最大起飛重量四萬七千公斤，設計巡航速度約三馬赫，巡航高度兩萬五千到兩萬八千公尺，任務半徑三千七百公里。

洛廠接著研究幾種構型的A-2，其中一種是四發動機設計，兩具J58渦輪噴射發動機安



通用動力公司設計的大王魚構型。

裝在機翼中段，以減輕機翼的彎矩負荷，兩翼尖還各有一具直徑一點九公尺的衝壓發動機。設計巡航速度三點二馬赫，巡航高度兩萬八千到三萬兩千公尺，起飛重量六萬一千公斤，攜帶燃油三萬七千公斤，在零點九五馬赫及

一萬一千公尺高度時點燃衝壓發動機。

由於起飛重量超重及雷達截面積太大，A-1及A-2的設計都被摒棄，洛廠後續由A-3到A-12的設計構型中，機體外形、發動機種類及位置安排有著不同的變化，以縮小雷達截面積並改善飛行性能，但結果都不甚理想。洛廠最後提出A-12設計：兩具J58發動機擺在機翼中段位置，以降低飛機側向雷達反射；機體較扁平，可提供更多的升力及穩定性；全動式垂直尾在發動機罩正上方，並向內傾以減少雷達截面積；機翼邊緣覆以雷達吸波材料。全機總重約為五萬至五萬三千公斤，風阻及耗油率都是最佳化，因此極適合擔任長程偵察任務。

一九五九年八月二十日，洛廠和通用動力公司向中情局提出最終版本的設計規畫。雖然大王魚設計性能似乎較優，但中情局認為它的技術風險較高，因此先給洛廠四個月的初步合約，洛廠必須在一九六〇年一月一日前證明它的反雷達設計可行，再來討論製造生產。

A-12構型

A-12的設計特點為最佳的性能、生存性、任務能力，同時將重量、被偵測性、成本降到最低，機內沒有浪費的空間或無用的材料，連燃油也得擔負冷卻的功能。

機體為半硬殼式(semi-monocoque)鈦合金結構，圓形剖面，漸縮式鼻錐內為加壓艙，裝有導航通訊裝備、遙控羅盤發射機、光學裝備、大氣計算機、角度轉換器，以及一些無線電裝備。機鼻最前端為動/靜氣壓暨攻角指示功能的探管，用來測量飛行速度及飛行姿態。

飛行員座艙前方為一V形風擋，後方以鉸鏈連接一貝殼狀座艙罩。風擋及座艙罩的玻璃採雙層設計，內外層之間以空氣分隔，由內層的熱氣除霧系統和 outer 層的除雨系統來確保任何

天候下皆有良好的視野，座艙四周是傳統的飛控設備及儀表裝置。

座艙後方為一有加壓及空調的電子艙，艙內大部分是環控系统裝備及慣性導航裝備，還有各電路的斷電器及各種電氣零組件。

電子艙後方機背上有一空中加油活門，未執行空中加油時，活門為機體結構外形的一部分，在進行空中加油時，開啓的活門內則是一可承接加油機加油管的插槽。

機背一進手門內容納阻力傘組件，它與輪胎剎車系統搭配，協助飛機在正常落地或放棄起飛時能儘快減速。機腹為鼻輪及主輪艙，搭配液壓及機械驅動的艙門，主輪艙內有一隔熱架，保護艙內的輪胎在飛機巡航時不致過熱。

機體內其他空間則塞滿六具油箱，加上機翼油箱的總油量將近三萬兩千公斤。油箱內有一交互傳輸系統(Cross-Feed Transfer System)將燃油輸送至發動機。錐形機尾內是緊急情況下使用的升降副翼(elevator)制動器，以及洩放燃油的閥門。

機翼為很薄的三角翼，後緣的升降副翼結合了副翼及升降舵的功能。除了主輪艙佔用的空間外，機翼翼弦方向由翼前緣到升降副翼支撐樑，翼展方向由翼根到發動機艙之間，為一



天使長設計系列的A-2構型。

體式結構油箱。機翼上／下翼面的外表面以珠擊(beat)成浪板狀，以便翼面在飛行中能隨著溫度變化而漲縮。

機翼中段為發動機艙，有一環狀結構及穿渡(carry-through)結構支撐機翼外段；機翼為多樑式結構，機翼蒙皮搭接著翼弦方向的加強條以及翼展方向的翼樑；發動機艙內／外段以鉸鍊相互接合，維修發動機時可打開外段以方便進手。

控制面包括兩片垂直尾後緣的全動式方向舵，以及機翼後緣的升降副翼。方向舵安裝於發動機艙的後段上方，根部有一電液壓唧筒，可驅動方向舵左／右偏轉最大各二十度；升降副翼的電液壓唧筒固定於機翼後樑上。

家族成員

A-12構型繁衍了一系列機體相同黑鳥機，少數幾型造出原型機，只有第一和最後一型有實際服役。

第一個衍生型AF-12，是在卡德鎮(Kedlock)專案下為空軍而開發的，它是雙座防空攔截機，可在各種飛行高度對目標發射空對空飛彈。洛廠的設計是把A-12的機體稍微修改，增加一具美國首套長距離、俯視／仰視、單目標追蹤AN/ASG-18同調脈波都卜勒(Doppler)射控雷達。

AF-12的外形模線有許多改變：座艙後方增加武器管制官(Fire Control Officer)的座位；鼻錐兩側各安裝一具目標追蹤紅外線感測器。鼻錐為了安裝雷達而設計修改，大幅改變了飛機的氣動力特性，造成縱向不穩定。為解決此問題，兩發動機艙下方各增加一片大尺寸鰭翼(ventral fin)。

一九六二年時，美國國防部頒布了軍機通用編碼規則，AF-12據此改名為YF-12A，洛

廠製造了兩架原型機，第一架於一九六三年八月七日完成首飛，隨後於一九六五年創下多項飛行速度及高度的新紀錄；空軍原本打算也製造一架作戰構型的F-12B，但被國防部長麥克納馬拉(Robert McNamara)以經費問題而終止。

一九六二年初，洛廠設計了一架性能與A-12不相上下的無人飛機，稱之為Q-12，並向空軍提出可行性研究工作規畫書，獲得空軍同意後，洛廠打算把這架由衝壓發動機推動的無人飛機，架在改裝過的A-12機背上。A-12要改裝的部分主要是在座艙後方增加發射管制官(Launch Control Officer)的座位，以及在兩片垂直尾間的機背中心線處，加裝一具固定Q-12的派龍。

一九六三年二月二十八日，空軍提撥經費製造二十架無人機及兩架載機。洛廠將載機稱為母機(Mother)，編碼為M-21(M代表Mother，21則是12的顛倒)；無人機稱為子機(Daughter)，編碼為D-21，母機加子機時的編碼為MD-21。

M-21的飛行特性及操控品質與A-12相近，為了讓D-21能穩固地停在機背上，MD-21的飛行動作不能超過兩個G，且不能做滾轉動作。副翼唯一的功能是在飛機的性能範圍內，讓飛機做緩慢而穩定的轉彎。

D-21長約十二公尺，翼展約六公尺，高約二點一公尺，選用的外形及材料讓它的雷達截面積很小，最大起飛重量五千公斤，使用一具馬奎德XRJ43-MA20S-4衝壓發動機，在兩萬四千到兩萬八千公尺高度的巡航速度為三點三五馬赫，航程兩千六百公里。

一九六六年三月，D-21無人機開始進行脫離M-21飛試。要讓D-21順利脫離，M-21



天使長設計系列最終構型A-12。



與A-12相較下，AF-12外形模線有許多改變。

必須在兩萬兩千公尺高度維持三點一二馬赫的速度，先緩慢拉起機頭，然後壓低機頭以獲得穩定的零點九G負荷，接著D-21發動衝壓發動機脫離母機。在第二次飛試中，D-21在兩萬七千公尺高空飛到三點三馬赫，雖然符合預期的性能表現，但D-21仍有些技術問題需待克服，而且D-21脫離時的姿態對M-21也頗具危險性。

一九六六年七月三十一日，最令人擔心的事發生了。在第四次的脫離飛試時，D-21飄浮脫離派龍，但衝壓發動機未能起動，D-21側翻將機翼插入M-21的後機身，造成M-21機頭遽仰，機體空中分解墜落於太平洋。雖然兩位飛行員順利跳傘逃生，但救護人員抵達時，發射管制官已無生命跡象，以致於MD-21計畫立即終止。

一九六〇年九月十四日，洛廠設計了黑鳥機的轟炸機版，稱為RB-12。機體內可容納四枚一百八十公斤的小型核彈或一枚大型核彈，飛機的氣動力特性及小雷達截面積維持不變



美國於1960年代開發由SR-71運載的D-21遙控偵察飛機。

公司(North American Aviation)XB-10計畫相衝突，取消了後續發展。

一九六二年九月，洛廠公開了所謂的「一般市場版」A-12，這是以單一構型R-12萬用機(Universal Airplane)為基礎，根據客戶的需求而生產偵察型、偵察／打擊型、攔截機型的飛機，洛廠認為如此可大幅簡化生產過程。

R-12構型和A-12的差別很大，最明顯的是座艙後面增加偵察系統操作官(Reconnaissance System Operator)的座位；機體稍微加長，以容納更多的燃油；錐形機尾向後延伸一些；機鼻的側板(chine)加寬，以改善巡航時的飛行性能，並補償因機體加長而損失的方向穩定性；機體內部的次系統也有多處修改。

空軍對偵察／打擊兩用的RS-12構型很有興趣，洛廠亦因此對武器掛載系統及結構進行修改，而RS-12最後更改編號為SR-71。SR-71於一九六四年踏出生產線，到一九六七年底為止共交給空軍三十一架，其中兩架是雙

。洛廠向空軍提出的建議書中，極力強調這架飛機的性能及生存能力。

雖然國防部對轟炸機型極有興趣，但RB-12只進行到全尺寸模型機的程度，最後因為和預定取代B-52轟炸機的北美

座教練機型SR-71B，後座偵察系統操作官的位置改為飛行教官。一九六八年一月一架SR-71B墜毀，由一架結構試驗機體的前機身和第一架YF-12A的後機身，組合成一架新機來取代，這架拼湊機稱為SR-71C。

在SR-71的服務生涯中，共有十二架失事墜毀，全機隊共除役兩次，第一次是在一九九〇年，之後有幾架再度服役，到一九九七年完全退役，航太總署留用幾架做為研究用飛行平臺，成為最後使用黑鳥機的官方單位。SR-71最後一次飛行是在一九九九年十月九日，除役後的黑鳥機分散在全美各地的航空博物館中，其中一架送到英國皇家空軍博物館。

機體製造

黑鳥機的設計及製造對洛廠是個不小的挑戰。高速飛行中的空氣摩擦及發動機長時間運轉，使得機體上某些地方的溫度會高達攝氏五百六十五度，全機表面的平均溫度則在攝氏兩百四十度到三百三十度之間，因此無法使用鋁合金做為結構材料，必須改用鈦合金、不銹鋼、特殊鋼、以及耐高溫塑膠。



黑鳥機家族的最後成員-SR-71。

一般的鈦合金和不銹鋼足以承受預期的高溫，但它們較重，而洛廠在輕質不銹鋼蜂巢結構上的經驗又很有限，洛廠

最後採用的B-120鈦合金，單位重量的強度幾乎是鋼的兩倍，但重量只有鋼的一半，而且在傳統工法下，還能以較少的零件製出結構。一九六〇年代時，高強度複合材料尚未出現，洛廠把強化塑膠用在機體外緣輪廓上，抑制雷達波反射，但未用於主結構上。

鈦合金鉚釘是機體製造過程中最困難的部分。剛開始機體製造時，線狀金屬材料很少，因此鈦鉚釘、螺栓、以及其他的固定件(standoff)都很貴，隨著航空製造工業廣泛使用後，價格才逐漸大眾化。

飛機製造使用的多種金屬材料，會和鈦合金產生不良的化學反應，因此衍生出許多挑戰。為防止腐蝕和高溫下的應力腐蝕裂紋，鈦合金不可與銅、水銀、氟、氯、溴、碘等這類的物質相接觸。一些常用的手工工具都有鍍銅，有些標註工具如鉛筆，也含有會造成腐蝕的化學元素；飛機維修時常用到的一些材料，如溶液、膠帶、油漆、包裝材料、塑膠、滅火劑、清潔劑等，它們的化學組成中亦含有不良的成分，所以機體製造人員只能由允許使用的清單中，挑選合適的工具或材料。

洛廠也改良製造技術，為避免零件尺寸超出公差，酸洗槽的技術人員設計了一組新的金屬量規，較標準量規大千分之五公分；製造人員並開發新的鑽孔工具，製造第一架A-12時，高速鑽頭在鑽上十七個孔後就得報銷，到SR-71專案進入尾聲時，高速鑽頭已能耐鑽一百個孔，而且經過修磨後還能再度使用。

特殊材料

黑鳥機的結構重量中，鈦合金佔百分之九十三。由於當時的鈦合金製造技術尚不普遍，洛廠開發了新的檢驗、測試、品管、以及製造技術。洛廠發現鈦合金的機械加工對全案生產

經費影響最大，在一些大型零組件上，甚至得削除約百分之九十的生料重量。高強度鈦合金的切削速度，最初只有鋁合金的二十分之一，用鍛造或擠壓成形又達不到所需的精密度，洛廠因而開發了新的鑽臺、切削機械、冷卻液來提高切削速度。

SR-71會被稱為黑鳥機，是因為機體上塗滿散熱性極佳的黑色漆，以降低機體上的熱應力。第一架A-12未塗裝任何面漆，早期的A-12及YF-12A只在會向外熱輻射的機體模線邊緣位置，如機翼前／後緣、方向舵等處塗黑色面漆，但洛廠很快就體認到，黑色的吸熱性良好，散熱性也極佳，因此由一九六三年開始，A-12全機隊及後續出廠的飛機，全塗上黑色面漆。

黑鳥機上大部分的鈦合金蒙皮，都由鉚釘或點焊(spot-welded)的方式與機體搭接。黑鳥機上使用的鉚釘，不是當時航大業界標準的蒙奈合金(Monel Alloy)鉚釘，而是鈦合金鉚釘，且鉚釘孔徑必須相當精密才能確保接合牢固。

黑鳥機一些結構及外表面門板上使用A-126抗腐蝕鋼，它含百分之十五的鎢，百分之二十六的鎳，百分之二的鈦，百分之一的鉬，可以承受攝氏六百五十度的高溫。至於會承受極高溫度的區域，如發動機排氣口，則使用兩種鎳合金(Rene 41以鎳為基材，摻有鉻、鐵、鉬、鈷(cobalt)、鈦、鋁，可承受攝氏八百七十度的高溫；Hastelloy-X則是摻有鉻、鐵、鉬的鎳合金，可承受攝氏一千兩百度的高溫)。

A-12及SR-71飛機的機體周圍稜線處，大都覆蓋含矽石棉(silicone-asbestos)的玻璃纖維板，集中於前機身、機翼、進氣道唇、尾錐、垂直尾，以降低飛機的雷達截面積。高速飛

行時溫度在攝氏兩百度到四百度的區域，使用厚二點五公分以上的複合材料蜂巢三明治門板，方便維修時拆卸或更換。

結構特徵

黑鳥機不但使用先進的材料，在設計上也有許多創新。洛廠開發了半硬殼式機體及發動機艙、多樑肋式機翼。翼弦方向蒙皮以皺褶加強，防止高溫時捲曲；整體結構為安全性損壞(fail-safe)多裕度(redundant)結構。

由機體側面向外延伸的側板，大約可提供全機百分之二十的升力，它的作用如同一固定式小前翼(canard)，可降低配平阻力(trim drag)，飛行速度由次音速增至超音速時，可把氣動力中心(aerodynamic center)的後移效應降到最低。另外當攻角增加時，由側板產生的渦流可增強飛機的縱向穩定性，側板內部空間則容納電線和中機身油箱的油路。

A-12系列飛機有個扁平、大推拔(tapered)的鼻錐，機上任務裝備艙內裝一部照相機或雷達。YF-12A系列有個圓切面大型玻璃纖維鼻錐，安裝飛彈發射系統的射控雷達；鼻錐處無側板，機體內無偵察用感測器，前機身內有一飛彈發射艙。SR-71有三具可互換的鼻錐，分別安裝偵察能力(Capability Reconnaissance)側視雷達、光柱照相機(Optical Bar Camera)、以及先進合成孔徑雷達系統(Advanced Synthetic Aperture Radar System)。SR-71可安裝多套感測器、多款照相機、雷達、他種任務裝備，這些皆可同時裝入鼻錐或任務裝備艙內。

前機身結構型態主要為圓切面的B-120VAC鈦合金環箍。機體兩側為推拔的側板，形成一整流面(fairing)。機體外表覆蓋鈦合金蒙皮，側板則以矽石棉門板覆蓋，側板支撐結構主要是退火的B-120VAC鈦合金。裝備

艙門板材料為A-110AT，機身上／下及側面縱樑為C-120AV鈦合金。

黑鳥機除A-12系列為單座外，其餘皆為雙座，依不同的飛機構型分為：A-12、SR-71A、A-12T、SR-71B/C、YF-12A、M-21。座艙罩為鈦合金邊框搭配兩側的玻璃組件，兩片間隔零點八公分的密封玻璃板，中間以空氣隔絕氣動摩擦熱。座艙內以襯墊防止艙壓洩漏，駕駛艙前方為一弧形風擋，也以兩片玻璃密封並緊固於V型鈦合金框內。風擋玻璃與側面玻璃類似，但表面鍍上氟化鎂以防止眩光。這些玻璃皆耐高熱及抗撞擊，風擋內側玻璃厚零點六公分，側面內側玻璃厚零點五公分，兩者加厚一公分的外側玻璃間，夾著厚零點三公分的塑膠砂。當飛機巡航時，玻璃外表面溫度為攝氏兩百三十度，座艙外圍攝氏三百三十度，座艙內則為攝氏二十七度。為保持飛行員涼爽，艙內需注入攝氏負四十度的冷空氣，讓艙內溫度保持約攝氏十五度的恆溫。

後機身也是圓形切面，包括有縱樑、隔框、保形框(rig-frame)、應力蒙皮。縱樑為鈦合金，根據負載大小而有不同的剖面形狀；分隔油箱及輪軸的隔框也是鈦合金；保形框為Z形剖面，與縱樑搭接。

鈦合金蒙皮以點焊及鉚釘與機體搭接，為防止銹屈(buckling)，當蒙皮因溫度變化而膨脹或收縮時，與機翼搭接處的固定件可以自由滑動。YF-12A和SR-71B/C的左、右側發動機艙下方，各有一小片鈦合金腹板(ventral strike)，以平衡前機身引起的氣動力變化，增加穩定性。YF-12A另外在機尾腹部處有一鰭翼，當飛機起飛或降落時，必須收起以免撞到地面。一九七五年一架YF-12A執行航太總署(NASA)的研究飛行任務時，一個側滑飛行動

作使得鰭翼飛脫。洛廠後來以洛卡利(Lockally)合金製造之新鰭翼取代，此合金係由洛廠加州分公司(Lockheed California Company)開發，由百分之六十二的鈹和百分之三十八的鋁所組成，適用於高溫環境的飛機結構上。

主起落架艙周圍是內翼組合件，主要材料為鋁和抗腐蝕鋼。為降低雷達回波，內翼前／後緣由三角形的強化塑膠板與鈦合金板楔形交錯搭接，蒙皮為多層式(multiple-layer)鈦合金薄片結構，下蒙皮與機翼結構成永久性密封接合，以形成結構油箱，上蒙皮則能掀開進行內部維修。蒙皮內表面為波浪狀，當溫度巨變時，蒙皮可隨之收縮或膨脹。

發動機艙外側是外翼組合件，主要材料是鈦合金機製鑄件及板金件，翼前緣有三角形強化塑膠板及鈦合金板楔形交錯搭接。

機翼後緣為升降副翼，這是最主要的飛控面。升降副翼前段是由鈦合金樑、肋、蒙皮組成的盒狀結構；後段則是與機翼前緣相同，以三角形強化塑膠板及鈦合金板楔形交錯搭接。發動機艙上方為稍微內傾的垂直尾，包括有支撐座及方向舵，鋁合金支撐座固定不動，高約六十公分，座內有方向舵制動器及扭力管



YF-12A的座艙內部安排。

，支撐座上方為長約二點三公尺的方向舵，左／右方向舵為完全相同的可互換件。A-12原型機、A-12T教練機、M-21母機、以及YF-12A的方向舵使用鈦合金，其他機型則以強化塑膠為主要材料。鈦合金方向舵包括中央盒狀結構和相連接的前／後緣組合件，塑膠方向舵的基本結構也是鈦合金，但一些樑、肋、外蒙皮則是強化塑膠。塑膠方向舵重約兩百二十五公斤，鈦合金方向舵略輕一些。

發動機艙包括進氣道、內／外艙體、廢氣排放器。進氣道為桶形結構，搭接於內翼後方盒狀區的前樑上。內艙體為內翼的一部分，外艙體與內艙體間為鉸鍊搭接，以便發動機拆裝。大多數黑鳥機的發動機艙為點焊成形鈦合金組合件，後期出廠的SR-71則以機製鈦合金鑄造件取代。位於發動機艙最後方的噴嘴(nozzle)葉片，依發動機艙的內外壓差操控，溫度經常高達攝氏六百五十度，因此葉片內側採用Haselloy-X合金。

進氣錐組合件(inlet spike assembly)為一位於進氣道正中央的圓錐形結構，前後移動控制發動機的進氣量，因此它的位置由發動機空氣需求量決定。在次音速飛行時，進氣錐前移；超音速飛行時，進氣錐後移。A-12原型機、A-12T教練機、M-21和YF-12A的進氣錐為鈦合金結構，其他機型的錐尖和基底結構為鈦合金，但整個外表面及部分內部零件，則是採用矽石棉強化塑膠。

黑鳥機使用兩具普惠的J58附後燃器渦輪噴射發動機，九級壓縮器，兩級渦輪，可變幾何進氣道擴散器和複雜的泄氣(bleed air)旁通系統，可控制進氣道內的震波位置，以及讓氣流避開渦輪段直達後燃器，在二到三點二馬赫飛行速度區間有很高的發動機工作效率。

黑鳥機的設計觀念非常先進，但它的飛行控制方式很傳統：機翼後緣的升降副翼提供俯仰及滾轉控制，兩片全動式垂直尾提供側向控制。由於吸熱的考量，控制鋼繩使用製造手錶彈簧的艾格洛(Elgiloy)合金。

黑鳥機飛行時因為空氣摩擦，機體溫度很高，需要特殊的低蒸發壓、高閃火點(low-vapor-pressure, high-flash-point)燃油，編號為JP-7。它非常難點燃，一根燃燒的火柴丟到此燃油內會馬上熄滅，因此燃油內添加了發火劑。燃油除是燃料外，也充當冷卻液，在流入發動機前，低溫的燃油冷卻發動機壓縮段引出的熱空氣，提供艙內空調系統使用。機內油箱噴塗大量的螢光密封劑，避免飛機在攝氏負五十度到正三百三十度飛行溫度區間，油箱因冷縮熱脹產生的縫隙漏油。(未完待續)

參考資料暨圖片來源

I, The BLACKBIRD, revisited in BLACKSBURG." Michael Libeau, April 21, 2000

11, http://1.bp.blogspot.com/_YJtjVrH3c5k/SmC4VMjm2nI/AAAAAAAAABFM/F_7UpqLpQKI/s400/Convair_Kingfish_3.jpg

11, Center Intelligence Agency website, <https://www.cia.gov/library/center-for-the-study-of-intelligence/csi-publications/books-and-monographs/a-12/>

12, "The SR-71 Test Bed Aircraft: A Facility for High-Speed Flight Research" NASA/TP-2000-209023, June 2000

13, Paul A. Suhler, "From RAINBOW to GUSTO, Stealth and the Design of the Lockheed Blackbird", ALAA Inc., Reston, Virginia, 2009