

►5月23日，東航全球首架C919大型客機從上海虹橋國際機場起飛，進行驗證飛行。
中新社



C919訪港

作為中國首款按照國際通行適航標準自行研製、具有自主知識產權的大型客機，C919從研製、投產、交付到最終商用，對中國航空製造業發展有着里程碑式的意義。C919成功完成商業首飛的背後，是諸多科技創新的結晶。從機體結構件到如同飛機「大腦」的航電系統，從機頭試驗到機尾複合材料應用……彰顯了中國航空工業的整體科技實力和「中國智慧」，其所採用的新技術、新材料、新工藝更是帶動了中國民用航空產業鏈、價值鏈、創新鏈的形成。

大公報記者 夏薇

自研飛機「大腦」新技術新物料集一身

中國智造C919 航空科技結晶

其實，自C919飛機研製階段起，關於國產大飛機的「國產」二字就有不少誤解。眾所周知，C919飛機採用以「主製造商—供應商」模式為核心的「多層級」分工體系，目前國產化率達60%。

優中選優 總裝方案擁自主知產

作為主製造商、頂層方案的設計者，中國在C919大型客機的研製過程中先後攻克了先進氣動布局設計、綜合航電設計、飛控控制律設計等102項關鍵技術，上海飛機設計研究院承擔了其中68項關鍵技術的攻關。全國22個省市、36所高校、200多家企業、數十萬產業人員參與了大型客機項目的研製。在擇優起用16家跨國公司作為大型客機機載系統供應商的同時，推動國際供應商與國內企業開展合作，組建了航電、飛控、電源、燃油和起落架等機載系統的16家合資企業，通過技術轉移、擴散、溢出提升我國民機產業研發與製造的整體水平，提升國內民機產業配套能級。

以航電系統為例，C919大型客機採用高度複雜的模塊化、綜合化設計，其中以ARINC664總線為數據主幹道的航電核心處理系統，使航電系統這個飛機「大腦」更加「聰明」，目前，國際上只有波音B787、空中巴士A380等較新機型才採用了這種技術。為了掌握航電系統的關鍵技術，C919大型客機改變了以往將航電系統作為一個工作包交給一家供應商開發的做法，而是把整個航電系統「打開」，分成8個工作包交由不同的供應商研製，由上海飛機設計研究院承擔航電系統的集成工作。

如果說航電系統是飛機的「大

腦」，那麼電傳飛行控制律就好似飛機的「神經中樞」。對於國產大飛機C919而言，它的「神經中樞」正是中國科技工作者們十年磨一劍的見證。

攻關10年 打造飛機「神經中樞」

對於C919的研發團隊來說，國內之前研發的民用飛機都沒有採用過閉環控制律的電傳操縱系統，相應領域的研究幾乎為零。為了攻克這項重要技術，中國商飛成立了C919飛行控制律聯合攻關隊，由總設計師吳光輝親自擔任隊長，連同十幾名剛從高校畢業的年輕人，成了研發團隊的主力。

C919控制律團隊按照國際通行的適航標準開展研製，為了保證成千上萬電子信號的傳輸萬無一失，他們要把飛行中各種不同的高度、速度、角度甚至乘客不同的座位分布都作為狀態點進行預算分析。最終，團隊花了整整十年，控制律終於從技術指標、三維圖紙蛻變成為C919保駕護航的完整系統，第一次由飛行員操作驗證。

一代材料，一代飛機。中航工業洪都C919項目現場工程負責人鄭和興表示，C919前機身部段採用世界先進的第三代鋁鎂合金材料，不但在中國民機應用上尚屬首次，甚至超過空中巴士A380所使用的鋁鎂合金比例，有助於提升飛機結構材料性能，減輕飛機整體結構重量。鄭和興指出，C919的自主研發方向用「三減」即可概括，即減重、減阻、減排。以「更安全、更經濟、更舒適、更環保」的特色，向波音、空巴兩強爭霸的國際大型客機市場打出節能環保牌。



▲工作人員在中國商飛公司總裝製造中心智慧數控車間使用AR眼鏡操縱虛擬電子屏幕。
新華社



►11月5日，觀眾在第六屆進博會中國館參觀了解C919大飛機系列發展。
中新社

五年取證試飛路 六雄鷹挑戰極限

追求卓越

2017年5月5日，C919大型客機在上海浦東機場成功首飛，舉國歡慶。但任何一款商用飛機想要進入市場運營，集齊型號許可證、生產許可證和單機適航證，成功完成「取證」才是最為關鍵的，這是保證飛機安全性的最基本的要求。雖然曾經的ARJ21用了6年時間完成「取證」，而C919僅花費5年，但這5年卻是挑戰不斷，硬仗連連。

ARJ21是中國民航局頒布《運輸類飛機適航標準》以來，第一個根據該標

準進行適航審定的飛機。它的取證過程，幫助我國建立了一套完整的適航審查體系。但是，相比ARJ21，C919擁有更大的載客量，以及更多新技術的應用，故而雖有ARJ21的鋪路，但C919的審定過程依舊會面臨很多新的挑戰。

在取證階段，C919共有6架試驗機投入試飛，在上海浦東、西安閻良、山東東營、江西南昌四地全面開展失速、動力、性能、操穩、飛控、結冰、高溫、高寒等科目的大強度試飛。同時有

兩架地面試驗飛機分別投入靜力試驗、疲勞試驗等試驗工作。2017年至2022年，C919飛越五湖四海，經受冰雪大風、高溫嚴寒的嚴酷考驗，向失速、最短距離離地、最小離地速度等極限試驗發起挑戰，交出一份份圓滿「答卷」。

「首飛不易適航難，六架雄鷹非等閒。夏去疆南迎酷暑，冬來漠北盼嚴寒。結冰遍向神州覓，風側單吹嘉峪關。莫道審查多峻厲，成功取證盡歡顏！」中國商飛發布的海報很好地總結了五年取證試飛路的艱辛。



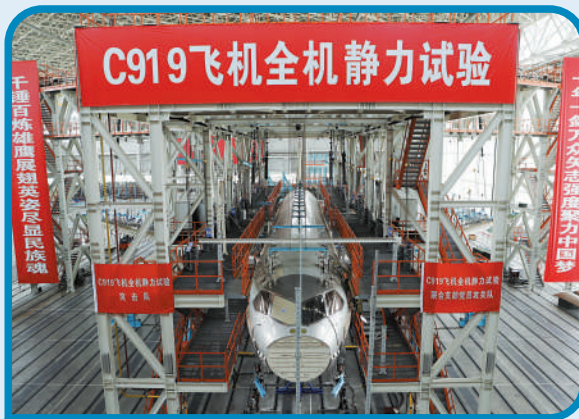
國產C919科技含金量



邁向100%國產化

CJ1000A民用大涵道比渦扇發動機是中國航發全力打造的商用飛機強勁「中國心」。今年上半年，CJ1000A發動機裝載在航空工業試飛中心一架以運-20運輸機改造的發動機通用飛行台上進行了試飛，意味着CJ1000A進入最後的驗證階段。若驗證順利，未來該款發動機將使用於國產C919大型客機。

►2015年，C919大型客機首架機在上海浦東基地廠房正式下線。
中新社



極限測試不停歇

從2017年首飛到拿型號合格證（TC），C919極限測試沒有減少。五年間，C919經受冰雪大風、高溫嚴寒的嚴酷考驗，向全機靜力試驗、失速、顛振、最大煞車能量、最小離地速度等極限試驗試飛發起挑戰，交出一份份圓滿「答卷」。

◀工作人員在調試設備，進行C919飛機全機靜力試驗。
中新社



具自主知識產權

不僅是中國商飛，波音與空巴也採用「主製造商—供應商」模式，供應商提供子系統，製造商進行總體設計與集成。C919飛機上有幾百萬個接口，這關係到液壓、航電等多系統之間的關聯，如何關聯取決於飛機設計方案，中國商飛知識產權體現在對系統間集成控制上。

◀工作人員對C919大型客機102架機進行系統裝配。
新華社

►中國飛行試驗研究院C919試飛團隊的工作人員在查看C919客機101架機的發動機檢修情況。
新華社



大飛機搭載「中國心」萬眾期待

指日可待

如今已經有三架C919飛機交付東航，越來越多的國人享受到了國產大飛機帶來的舒適飛行體驗，但國產大飛機的自研攻關腳步並未停歇。這其中，飛機「心臟」——發動機的國產化成為眾人關注的焦點。今年以來，國產CJ1000A發動機好消息頻傳，外界紛紛猜測國產大飛機搭載「中國心」的日子將近。根據內媒消息，在前不久舉行的

2023上海國際商用航空航運產業展覽會上，中國航空發動機集團有限公司首次就商用航空發動機及通航動力進行系列化、全景式展示。其中，CJ1000A民用大涵道比渦扇發動機能滿足150至180座級單通道飛機動力需求，是中國航發全力打造的商用飛機強勁「中國心」。

今年上半年，CJ1000A發動機裝載在航空工業試飛中心一架以運-20運輸機改造的發動機通用飛行台上進行了

試飛，意味着CJ1000A進入最後的驗證階段。若驗證順利，未來該款發動機將使用於國產C919大型客機。同時展示的CJ2000發動機則是以配裝雙通道遠程寬體客機為目標的大涵道比渦扇發動機，起飛推力超過35000kgf，該款發動機目標將為未來C929提供動力。此前有消息指，中國航發商用航空發動機有限責任公司曾在2014年時預計CJ1000系列發動機需要3年左右（2022至2025年）完成適航取證。