

世界军事大观(三)

闫新 编著



目 录

俄罗斯导弹航天工业的摇篮--制造科学研究所	1
俄罗斯的 SA-17 防空导弹系统	8
俄罗斯的安泰 2500 防空导弹系统	11
俄罗斯的第五代战斗机	13
俄罗斯的核武装力量已处于崩溃的边缘	16
俄罗斯的新一代攻击核潜艇	18
俄罗斯的预警机	21
俄罗斯敢对美国说“不”	23
俄罗斯海军走向国际舞台	25
俄罗斯卡-60 直升机出厂	31
俄罗斯陆军武器的装备现状与发展预测	33
俄罗斯前掠翼战斗机有突破	48
俄罗斯同印度军事技术合作的结果和前景	52
俄罗斯星-箭国家科研生产中心及其研制的导弹武器	56
俄罗斯战斗机发展潜力	62
俄罗斯战斗机发展现状和发展潜力分析	68
俄罗斯重视同东方国家的军事交流	75
俄罗斯最新地空导弹系统 S-300PMU2	77
俄罗斯最新型的 T-80UM2	80
反辐射导弹对抗技术综述	81
反舰导弹的发展现状	96
反水雷新概念——自推进猎雷声纳	107
反坦克导弹导引体制的发展	110
反巡航导弹正在崛起	116
防空概念的改变支配着低空近程防空导弹的发展	122
防区外发射武器的发展	132

防天系统与制天权	141
飞向 21 世纪的军用无人机	145
钢盔	149

俄罗斯导弹航天工业的摇篮--制造科学研究所

俄罗斯现代导弹航天技术的研究是在中央机械制造科学研究所内开始的。可以说，正是从这里诞生并经过50年的发展、扩大，形成了今天整个俄罗斯导弹航天工业。该所现在依然是俄罗斯航天局的主导航天科研机构。

俄罗斯中央机械制造科学研究所的前身是前苏联装备部第88科学研究所。

一、研究所的建立

二次世界大战后，为保证国家安全，当时的苏联部长会议于1946年5月13日颁布了关于制造喷气武器的第1017-419绝密级特别指令。指令内容包含了一系列涉及全国范围的重大决策，成立了以马林科夫为主席的国家专门委员会，并赋予马林科夫以极大权力保证和监督导弹武器的制造工作。指令还规定装备部为远程弹道导弹和防空导弹的主要研制和生产部门。

1946年5月6日，部长乌斯基诺夫发出第246号令，以装备部88炮厂为基础组建第88科学研究所。这是前苏联第一个制造喷气武器及其发动机的科研、设计和生产机构，其任务是研制和生产液体远程弹道导弹、防空导弹及其火箭发动机。研究所下设导弹武器各系统的专业研究室，专门设计局，试制工厂和试验站。第88研究所第一任所长是著名火炮生产组织者戈诺尔，总工程师波别多诺斯采夫，弹道导弹总设计师科罗廖夫，各型防空导弹的总设计师分别为西尼希科夫、拉什科夫、科斯京，防空导弹火箭发动机总设计师乌曼

斯基。研究所还设有科学技术委员会，由导弹和液体火箭发动机专业的著名专家组成。

在参与导弹生产的各工业部内组建了相应的专业科学研究所和设计局，作为第 88 研究所的协作单位。这些单位有：

电器工业部第 885 研究所，负责研制导弹的自主控制系统和无线电控制系统。总设计师是梁赞斯基和皮柳金。

航空工业部第 456 特别设计局，负责研制弹道导弹的液体火箭发动机。总设计师为格鲁什科。

造船工业部第 10 研究所，负责陀螺仪表的制造。总设计师是库兹涅佐夫。

机械制造和仪器制造工业部国家专门设计局，负责研制地面设备和发射设备。总设计师是巴尔明。

在武装力量部内组建了国家中心靶场(司令沃兹纽克)和喷气科学研究所，即第 4 研究所(司令涅斯捷连科)。

1946 ~ 1948 年是研究所创建时期。当时必须在短期内选配专业干部，确定科学研究和实验设计项目，建设试验基地，改建导弹生产工厂，组织全国各部门许多科研设计和生产单位的复杂的协作网，同时要求尽快拿出导弹样品。而这一切，是在战后国家处于半饥饿状态条件下必须要做的。

研究所专门设计局的任务是设计远程有控弹道导弹，远程、中程防空导弹，无控防空火箭以及防空导弹用的喷气发动机。根据这些任务，专门设计局分设了专业化设计室。1947 年，政府提出了制造射程为 600 ~ 3000 公里的弹道导弹和比德国的瀑布、莱茵女儿、蝴蝶防空

导弹性能更加完善的防空导弹的任务，响起了研究所大发展的前奏曲。

二、研究所的大发展

1951年，国家决定把研制防图1研究所的热和低温静态试验大厅空导弹的任务转交给航空工业部，第88研究所及其各部的协作单位集中全力研制远程弹道导弹。

第88研究所最初负责设计弹道导弹的是专门设计局第3设计室及其试制车间。该室在1946年底只有87人，1949年增加到400人。正是这支队伍在科罗廖夫的领导下，在短期内即研制并交付了装备部队的射程为270公里的P-1导弹(1950年)和射程为550公里的P-2导弹(1951年)。

1950年，以弹道导弹设计室及专门设计局的其它几个室为基础，组成第88研究所的第一特别设计局，由总设计师科罗廖夫领导。在他的领导下，很快又研制出了一批全新的弹道导弹：射程1200公里的P-5M型战略导弹，射程250公里的P-11M和P-11M型装备潜艇的导弹。从1953年开始，与上述工作同时开始了P-7型洲际导弹的紧张设计工作。

还在1948年，第88研究所就根据科罗廖夫的倡议，开始了垂直发射改型火箭的研制工作。

P-1火箭射高100公里，P-2、P-5和P-11射高100~500公里。在1948~1956年间，共进行了70次垂直发射，为运载火箭发展打下了基础。1955年底，根据科罗廖夫、克尔德什和吉洪拉沃夫3人的建议并得到部门领导的支持，政府发出了关于在1957年用刚刚研制的P-7型洲际导弹发射地球物理卫星的指令。指令规定第88

科学研究所为发射卫星工作的主要执行者。卫星的研制工作由第一特别设计局和总工程师科罗廖夫领导完成。

1953年成立了第二特别设计局，由伊萨耶夫任总设计师，负责研制防空导弹和海基远程弹道导弹用的液体火箭发动机。该局于1959年1月从第88研究所分出，成为独立机构。在总设计师伊萨耶夫领导下研制出一系列使用高沸点燃料组元的性能优良的动力装置，用在所有的海基液体弹道导弹上。该机构现在称为伊萨耶夫化学机械制造设计局。

1952年组建了第三特别设计局，由谢夫鲁克任总设计师，负责研制高沸点燃料组元。

为进行导弹的批生产，1952年把正在第聂伯罗彼得罗夫斯克建设的第586汽车制造厂划为P-1和P-2导弹的批生产厂。为此从第88研究所和第一特别设计局调来了以布德尼克为首的一大批专家，在该厂内组成了第586特别设计局，从事导弹的批生产。586厂的第一任厂长是斯米尔诺夫，后由马卡罗夫继任。

1954年，第88研究所所长、著名航空设计师扬格利被任命为第586特别设计局总设计师。第586设计局在他的领导下，根据国防部定货，开始设计使用稳定燃料组元的P-12(射程1500公里)、P-14(射程4500公里)、P-16(射程10000公里)中程和洲际新型弹道导弹。这些导弹分别于1959年和1962年装备部队。

上述导弹以及以后的P-36导弹的设计和生使586特别设计局和586厂发展成为国家最大的、高水平的导弹设计和生产中心。后来，在扬格利于1971年去世后，第586设计局改称南方设计局，在总设计师乌特金领导下，完成了MP-YP100(轻型)和P-36M(重型)第二代洲际

导弹的研制。以后又研制出 P-36M2 型第三代洲际导弹和 PT-23 型固定发射和铁路机动发射的固体燃料洲际导弹系统。除导弹外，南方设计局还设计了宇宙号、旋风号和天顶号新型运载火箭，设计了一系列著名的科学卫星宇宙号、国际宇宙号，民用卫星海洋以及军用卫星处女地等。

1949 年，为扩大第 88 研究所的导弹试生产能力，先后把位于南乌拉尔区兹拉托乌斯特市的第 385 兵工厂和第 66 兵工厂划归第 88 研究所，成为其分院。在分院内组建了第 385 专门设计局，根据科罗廖夫的建议，任命谢尔巴科夫为第一任总设计师。第 385 设计局在技术上成为事实上的海基弹道导弹研制中心是在 1955 年，当时从第 88 研究所第一特别设计局调去了以马克耶夫为首的一批设计员和设计师，到那里去继续研制和生产 P-11、P-11M、和 P-11 M 型导弹。当年，马克耶夫被任命为第 385 设计局总设计师。当时设计局局长是古利扬茨，385 厂和 66 厂均归其领导。385 厂厂长是乌沙科夫，66 厂厂长是杰缅季耶夫。

1957 年，第 1998 年第 5 期专门设计局迁往新址米阿斯城，该城距兹拉托乌斯特 24 公里，在那里新建了各种实验室和 9805 生产厂房和生活区。同时任命马克耶夫为第 385 专门设计局局长兼总设计师。从 1961 年开始，任命科诺瓦洛夫为 385 厂、66 厂和米阿斯实验厂的厂长，批生产海基弹道导弹。马克耶夫的 385 专门设计局从 1967 年开始改名为机械制造设计局，它先后研制和装备了海军潜艇第一代中程导弹 -2、-4、-5；第二代海基洲际导弹 -9，第三代海基洲际导弹 -9P、-9PM 以及固体燃料导弹系统 -19，从而形成了国家的海基

战略导弹研制中心。马克耶夫去世，中心的领导人是总设计师韦利奇科。

在发展导弹的设计生产单位的同时，研究所还组建了一批研究导弹技术的机构，从事材料学、燃料、导弹强度、控制系统、空气动力学技术情报等技术领域的研究工作。从 1949~1956 年间，第 88 研究所更换了三任所长：鲁德涅夫、扬格利、斯皮里多诺夫。他们完成了一批非常复杂而艰巨的任务：建设导弹试验基地，制造试验工厂的技术设备，制造空气动力试验设备，建造熔炼炉和高频炉，研制焊接机械和自动焊机，建造人造气候室，制造精密测量仪器以及其它许多项目。1954~1956 年间材料研究基地的发展，奠定了制造 P-7 导弹和宇宙飞船回收舱头部防热材料的基础。研究所完成的其它许多研究计划解决了诸如空气和气体动力学、材料学、强度、弹道、发动机、燃料化学等领域技术设计的一系列应用课题，保证了大推力弹道导弹的顺利发展。

三、研究所的大改组

随着前苏联导弹航天事业的发展，1956 年 8 月 13 日，当时的苏联部长会议作出第 4912 号绝密决定，对第 88 科学研究所进行了重大改组。把第一特别设计局及其试制工厂从第 88 研究所划，成为独立机构，任命科罗廖夫为局长兼总设计师。把 1939 名技术人员和试制工厂工人总计 1 万人划归第一特别设计局。这时划为独立机构的还有第 88 研究所的二分院（即位于扎戈尔斯克的第 229 研究所）。此后划为独立机构的还有：第 944 研究所（1958 年），第二特别设计局（1959 年），测量技术研究所（1966 年），玛瑙研究所（1973 年），材料学中心研究所（1975 年）等。

经过 1956 年的大改组之后，第 88 研究所的人数锐减到 5891 人，任务范围也大大缩小，变成了前苏联导弹航天工业的一个主导研究中心。此时的所长是秋林，1961 年由莫若林继任所长。

四、中央机械制造科学研究所

从 1967 年开始，第 88 科学研究所改称中央机械制造科学研究所。此后的 30 年间，研究所新的任务是：论证前苏联导弹航天技术的发展前景，制定战略导弹武器、军用航天系统和民用航天系统研制领域的国家技术政策。国家责成研究所对各设计局总设计师提出的关于研制新型火箭或改进现有火箭的建议和设计方案的可行性作出结论。此外，研究所继续用很大力量从事航天技术的理论和实践研究，以保证航天产品结构设计的可行性。

1992 年俄罗斯航天局成立后，该所继续是航天局 4 个直属主导航天科研单位之一。现在研究所主要承担系统研究、国家火箭航天技术发展规划和计划的制订。研究所继续从事解决空气和气体动力学、热质交换、强度、可靠性、力学、火箭航天系统的标准化和规范化等领域的科学技术问题，承担自动飞行器、载人飞船和空间站的飞行控制工作。

研究所现在拥有若干个科学实验中心、飞行控制中心及其辅助勤务机构。研究所还拥有世界水平的实验基地，能够完成火箭航天技术领域的任何研究任务，从系统设计到接近实际飞行条件下对任何系统和部件的试车台试验。

在当前的市场经济条件下，研究所积极解决军转民的问题以最大限度地发挥科学家和技术人员的智力和高水平专业技术的作用，充分地利用实验基地极好的工艺

技术和研究能力。目前研究所在生态学领域完成的军转民项目有：生态军转民计划，包括确定空间生态监测系统的结构原理、系统组成、技术指标、设计参数等；有害物质(禁止使用的化学武器、农药及其它有害物质)的新型销毁方法和手段的方案设计等。已经完成的项目有：确定已经开始运行和正在设计的核电站设备元件的强度、安全性和使用寿命的实验和理论研究。进行了运河闸门水工结构全尺寸部件的强度试验，以确定延长其使用寿命的可能性。利用飞行控制中心的设备和技術潜力，设计了一些新的工艺过程、控制方法和控制仪器，生物控制系统，治疗和诊断自动化系统等。

俄罗斯的 SA-17 防空导弹系统

SA-17 灰熊(俄代号山毛榉-2M，本刊曾译作布克-2M)是俄罗斯的一种新型防空导弹系统，用于替换早先的 SA-11，于 1995 年进入俄陆军服役。该系统的作战目标为战略和战术飞机、战术弹道导弹、巡航导弹、战术空射型导弹、直升机和无人驾驶飞机，最小作战高度约为 10 米，最大作战高度可达 24 公里。

它主要由指挥车、目标搜索雷达、照射和导弹制导雷达、自行式火力单元、自行式装填发射车、导弹等几部分组成。

指挥车对发射单元周围的空情进行分析，控制和监视各火力单元，为单个发射车指示和分配目标。指挥车依靠无线电拉杆天线和电线进行通信，最多可跟踪 60 个目标，指示 36 个目标，控制 6 个发射班，反应时间为

2 秒。该车有轮式和履带式两种，前者长 21 米，宽 3 米，高 3.8 米，作战重量 25 吨；后者长 8 米，宽 3.3 米，高 3.8 米，作战重量 30 吨。

多功能相控阵目标搜索雷达系统车进行目标探测、敌我识别和目标的搜索、跟踪、分类，为指挥车提供空情图，依靠无线电拉杆天线和电线进行通信。该雷达的搜索范围为方位角 360° （机扫）、高低角 50° （电扫），最大探测距离 160 公里，扫描周期为 1 转 / $4.5 \sim 6$ 秒。雷达车有轮式和履带式两种，前者长 21 米，宽 3.3 米，高 3.8 米，作战重量 30 吨；后者长 8 米，宽 3.3 米，高 3.8 米，作战重量 35 吨。

照射和导弹制导雷达车使用电子扫描相控阵雷达天线进行工作。该天线具有很好的抗干扰性能，装在一根高 21 米的伸缩桅杆顶部。照射和导弹制导雷达进行目标搜索和跟踪、目标分类与空情分析。在系统作战模式下，该雷达的任务是照射目标并把弹道修正指令传输给飞行中的导弹。雷达的通信依靠无线电拉杆天线和电线来实现。雷达的搜索和跟踪区域可达 640° ，搜索距离 120 公里，跟踪范围为方位角 $\pm 60^\circ$ 、高低角 -5 到 $+85^\circ$ ，通道数目在搜索时为 10 个，在发射时为 4 个。雷达车有轮式和履带式两种，前者长 21 米，宽 3 米，高 3.8 米，作战重量 30 吨；后者长 8 米，宽 3.3 米，高 3.8 米，作战重量 36 吨。

自行履带式火力单元车既可以在目标指示模式下，使用连指挥车，与装填发射车一起，作为 SA-17 系统的一部分进行作战，也可以作为独立的火力单元与装填发射车一起使用，还可以根据授权保护某一设施，使用自备的车载抗干扰电子相控阵雷达单独作战。自备雷达可

进行目标搜索、跟踪和敌我识别，并能进行目标分类和空情分析。不过，该车的主要任务是进行目标照射，通过无线电传输导弹弹道制导修正，并控制装填发射车。安装在车后部的转台式发射装置上共有4枚待发导弹。相控阵雷达以一定的仰角装在转台组件的头部。通过无线电拉杆天线和电线进行通信。该车长8米，宽3.3米，高3.8米，作战重量35吨，其搜索和跟踪区域为 640° ，搜索距离为120公里，跟踪范围为方位角 $\pm 60^{\circ}$ 、高低角 -5 到 $+85^{\circ}$ ，可用通道数目在搜索和跟踪模式时为10个，在发射模式时为4个，展开时间20秒，作战反应时间5秒。

自行式装填发射车用于贮存、运输并在必要时发射SA-17导弹。它在外观上与自行式火力单元相似，但没有装在发射装置转台前部的雷达组件上。装填发射车除了有4枚待发导弹外，另有4枚导弹，分两对装在装填装置转台的两侧。这4枚导弹既可用于本身的导弹装填，也可用于自行式火力单元的导弹装填。装填发射车本身的装填时间为15分钟，为自行式火力单元的装填时间为13分钟。该车有轮式和履带式两种类型，前者长21米，宽3米，高3.8米，作战重量35吨；后者长8米，宽3.3米，高3.8米，作战重量38吨。

SA-17导弹看起来好像是R-37空空导弹的加大型。它采用半主动雷达末段寻的导引头，可进行惯性中段制导和数据传输弹道修正。动力装置为两级固体火箭发动机，最大速度可达1200米/秒。另外，俄罗斯还可能在研制一种带三角翼的导弹型号，以在攻击目标时提高导弹的机动性。SA-17导弹长5.5米，弹径0.4米，发射重量710到720公斤，高爆破片战斗部重50到70公斤，

采用雷达近炸和触发引信。该弹的最大机动过载为 30g，最大有效射程 40 到 50 公里，最小有效射程 2.5 到 3 公里，最大有效高度 22 到 24 公里，最小有效高度 10 到 15 米，最大目标速度为 1200 米 / 秒(临近目标)或 300 到 400 米 / 秒(离去目标)。

一个典型的 SA-17 导弹团包括一个配备指挥车和目标搜索雷达车的指挥班,两个 型连队(每个连队有一辆照射和导弹制导雷达车、两辆发射装填车)和 4 个 型连队(每个连队有一辆自行式火力单元车和一辆发射装填车)。一个 SA-17 导弹团一般可同时攻击 12 到 24 个目标。导弹团的最大行军速度为 70 公里 / 小时。

型连队在进行自主作战时,可同时攻击 4 个目标,发射方向的地形容许高度为 2 米,反应时间为 4 秒,单车发射速率 1 枚 / 4 秒,准备时间在行军状态为 5 分钟,位置移动后为 20 秒。

型连队在进行自主作战时,可同时攻击 4 个目标,发射方向的地形容许高度为 20 米,反应时间为 8 到 10 秒,单车发射速率为 1 枚 / 4 秒,从行军状态展开的准备时间为 10 到 15 分钟。

俄罗斯的安泰 2500 防空导弹系统

目前世界上约有 30 多个国家的军队装备了不同射程的非战略型弹道导弹。许多国家都在从事这种导弹的研制和生产。在这种进攻性武器不断发展的形势下,俄罗斯研制了安泰 2500 防空导弹系统。海湾战争的实践证明,这种选择是适时的和明智的。在海湾战争刚刚结束,

美国人就开始改进其爱国者防空导弹系统，目前这一任务还远远没有完成。

安泰 2500 防空导弹系统是由俄罗斯安泰康采恩工业公司研制的。

该公司拥有若干个研究所、设计局和工厂，技术实力雄厚，研制经验丰富。

安泰 2500 是一种机动式多用途反导弹和反飞机防空系统，属于俄罗斯新一代防空武器系统。其任务是保卫国家的重要工业和军事目标、军队部署，使之免遭敌方弹道导弹和气动导弹的空中攻击。这是当今世界上唯一一种反导弹反飞机多用途导弹系统。它能有效地杀伤 2500 公里距离以内起飞的弹道导弹，也能对付各种类型的气动和气动弹道目标。安泰 2500 系统可以在世界任何地区的各种形式的军事冲突中自主作战，必要时也可以与国家的军队和武器自动化指挥系统联合作战。

安泰 2500 系统能够同时攻击 24 个气动目标，或者同时攻击 16 枚有效雷达反射面积为 0.02 平方米以下、飞行速度为 4500 米/秒以内的导弹。安泰 2500 防空导弹营的火力配备包括一部 9C15M2 型圆周扫描目标搜索雷达，一部 9C19M 扇面扫描目标搜索雷达，一部 9C457 型指挥车，4 部 9C32M 型多通道导弹制导站，24 部 9A83M 型导弹发射车，24 部 9A84M 型导弹发射装填车，48 枚 9M82M 型导弹，96 枚 9M83M 型导弹。

安泰 2500 防空系统使用了革新者设计局研制的新型 9M82M 和 9M83M 型导弹。在重量和体积不变的条件下，保留了 S-300V 系统使用的 9M82 和 9M83 型导弹的制导系统的结构原理和战斗部作用原理。新型导弹具有更大的射程和对各种类型战术和战役战术弹道导弹和气动导弹

的更高的杀伤效果。导弹的机动性能有很大提高，可以杀伤高机动目标。导弹之所以能够对付反射面积小而飞行速度高的弹道目标，是因为提高了雷达性能和雷达信号处理方法的最佳化。

9M82M 型导弹用于杀伤中程战术和战役战术弹道导弹以及 200 公里以内的气动目标。这时，导弹进行全程制导。9M83M 型导弹用于杀伤近程和中程战术和战役战术导弹和气动目标。这两种导弹可以在部队使用不少于 10 年而无需检验和维护。

安泰 2500 防空导弹系统的作战方式是完全自动化的。导弹作战使用的高可靠性和使用现代化手段寻找和排除故障，决定了导弹系统操作人员最少且不要求较长时间的射前准备。

安泰 2500 系统与其它防空系统的区别在于，它从一开始就是针对着战术和战役战术弹道导弹及其它高速小型目标和高机动目标而设计的。为此，安泰康采恩工业公司的研究所、设计局和工厂经过深入而长时间的科学研究工作，并利用了雷达信息系统领域和导弹制造领域的最新成就，进行了大量的实验工作和对各种类型的弹道和气动弹道目标的打靶试验。

俄罗斯的第五代战斗机

1997 年 9 月 25 日，俄罗斯的 S - 37 试验型战斗机在茹可夫斯基飞行试验中心成功完成首次试飞。这标志着俄罗斯第五代战斗机研制计划取得重大进展。

俄罗斯对战斗机的划代与美国略有不同，它将“米

格 - 19、“米格 - 21”和“米格 - 23”分别视为第一代、第二代和第三代，将“苏 - 27”和“米格 - 29”视为第四代，将其后继机视为第五代。从总体看，俄罗斯的第五代战斗机与美国的第四代战斗机——F - 22 和“联合攻击战斗机” (JSF) 大致相当。据报道，俄罗斯正在研制四种第五代战斗机：“多用途前线战斗机” (MFI)、“轻型前线战斗机” (LFI)、S - 37 和 S - 54 战斗机。

多用途前线战斗机

这是米高扬设计局从 80 年代初开始研制的，技术验证机阶段称为 1.42 或 1.44 工程。MFI 是一种兼顾隐身性与机动性、具有超音速巡航能力的高性能重型战斗机，以制空为主，并具有很强的对地攻击能力。该机采用三角翼/鸭翼、翼身融合体、内倾双垂尾气动布局，正常起飞重量 28 ~ 29 吨，最大起飞重量 35 吨，装有两台带有推力矢量喷管的 AL - 41F 涡扇发动机，总推力达到 350 千牛时，推重比为 1.25 : 1。翼身融合体用复合材料制造，机体表面敷以吸波材料涂层，雷达反射截面估计小于 0.5 平方米。机上装有 NIIPN014 多功能相控阵火控雷达、后视自防御雷达以及先进的导航和电子对抗设备。已制造出 2 架原型机，1994 年 12 月进行了地面滑行试验。

S-37 战斗机

这是苏霍伊设计局 80 年代开始研制的，亦称 S-32 战斗机。该机性能和用途与 MFI 战斗机相似，尺寸稍小，可作为它的替换飞机。S-37 的机翼向前掠，双垂尾向外倾斜，安装两台带有推力矢量喷管的 AL-41F 涡扇发动机。在飞机的隐身方面采取了多种措施：机身、机翼、鸭式翼和尾翼大量采用复合材料制造(占机体总重量的