

被誉为“新世界七大奇迹”之一的北京大兴国际机场，于今年9月25日举行投运仪式。这座未来年客流吞吐量可达1亿人次、飞机起降量88万架次的巨型机场，从开工建设到完工投运，仅耗时4年半，创造出令人惊叹的中国速度和中国奇迹。

习主席指出，大兴国际机场体现了中国人民的雄心壮志和世界眼光、战略眼光，体现了民族精神和现代水平的大国工匠风范。据初步统计，大兴国际机场共创造了40余项国际国内第一：航站楼是世界最大单体层间隔震建筑，首次实现高铁下穿、旅客双进双出；整合运用大量信息化、智能化新技术，率先建设5G通信网络，打造智慧机场……一系列前沿科技支撑起这一超大规模工程的建设运行，使其为旅客服务更加快捷、便利、智能、安全。

北京大兴国际机场

# 「凤凰展翅」闪耀科技之光

■ 陆斌 本报记者 郭晨



北京大兴国际机场效果图

时，兼顾旅客乘机体验的最佳方案。

备受瞩目的C型柱，是整个航站楼中最重要的支撑结构。航站楼核心区18万平方米屋面仅用8根C型柱支撑主体结构，它们连接着屋面系统与地面，承载着来自水平、垂直等各个不同方向的力。

针对C型柱承载能力、抗倒塌能力和抗震能力的特殊性，设计团队进行了大量研究，最终确立了由核心区、指廊两大部分组成的航站楼钢结构方案。施工图设计单位联合几十位国内顶级建筑设计师，用同一张图的思路，集成造型设计、结构受力、机电设备、弱电信息、旅客流程等方面的专业优势，在3个多月时间里联合攻关，把设计方案变成了可落地实施的施工图。

航站楼的钢网架结构由支撑系统和屋盖钢结构组成，形成了一个不规则的自由曲面空间，总投影面积达31.3万平方米，相当于44个标准足球场。为攻克钢网架质量标准高、精度高、多工序交叉作业协调难度大等难题，建设者们经过周密论证、精细模拟，对不同分区、部位采用吊装、滑移、提升等多种方法，特别是采取了“计算机控制液压同步提升技术”。该技术系统由钢绞线、提升油缸集群、液压泵站、传感检测、计算机控制和远程监视系统等组成，通过计算机控制的液压同步提升系统，能够平稳地把钢网架提升到指定位置，精度差可以控制在±1毫米以内。

航站楼中央天窗的优美造型令人赞叹不已，它是采用最先进的BIM技术构建模拟实体三维，在电脑里用虚拟方式进行调整，最终编织出来的网格结构。为保证良好的隔热性和避免直射光进入室内，建设单位还创造性地设计出在两片钢化玻璃间添加金属网的遮阳方式，能够将60%的自然直射光线转换为漫反射光线。

据悉，机场建设指挥部还联合国际民航有关机构，先后开展设计复核及支持、航站楼仿真、陆侧交通仿真、地铁和轻轨系统专项设计等多项专业的配套研究工作，用一系列创新研究成果为航站楼建设奠定了坚实基础。

## 全流程智慧化运行，从值机到登机扫证刷脸即可一路通关

## 多方案集成优化，几十位顶级设计师同画一张施工图

北京大兴国际机场航站楼外形犹如凤凰展翅，其内部空间之美给人以震撼：放射状的登机指廊、造型奇特的C型柱、楼顶的巨大天窗……在这个70万平方米的巨型空间中心位置，人的视线360°皆可直达尽头，又不觉得空旷突兀。

如何在一个巨型空间内科学规划大量的客流线路，以及在容纳更多停机位的同时，缩短旅客步行距离，是航站楼设计面临的一大难题。此外，从航站楼正下方穿过的轨道交通系统，从结构力学到抗震消防的功能要求，也给结构设计提出了巨大挑战。

经过多轮优化和多方案集成，大兴国际机场航站楼最终设计了5条放射状指廊，使航站楼的近机位达到79个；指廊之间呈60°夹角，长度仅为600米，旅客步行到达最远停机位只需8分钟，实现了在最大限度增加停机位的同

分钟。安检时，旅客按要把手提物品和行李一起放到X光机传送带上，人工智能图像识别系统如同火眼金睛一样扫描过检物品，毫米波安检门则取代了传统的面对面安检模式，仅在报警时安检工作人员才介入，进行人工安检。

据介绍，机场采用的智能旅客安检系统，实现了行李信息与旅客信息准确绑定，可在3秒内准确查询旅客过检信息，快速判定行李归属；自助安检分流系统可通过图像分析、生物识别等手段，明显提升安检判图质量，快速准确判断哪些行李需要开包检查，共同构筑起可靠的安全屏障。

旅客来到登机口，不用出示任何证件、纸质或者电子登机牌，刷脸即可登机，这样的场景已在大兴国际机场变为现实。在机场首航当天，某航空公司地面工作人员佩戴AR人脸识别眼镜，在登机口即时识别复核旅客的航班信息，并快速进行人数统计。据相关技术人员介绍，AR人脸识别眼镜使用人脸识别和5G技术，通过生物检测与人脸采集等算法识别出人脸，将校验合格的人脸图片利用5G网络快速传到服务器识别对比，帮助工作人员精准识别旅客，使登机口二次复核的工作效率大幅提升。

机场还以云计算、大数据、物联网平台为基础，构建航班生产运行、旅客运行服务、综合交通管理、安全管理等九大业务平台，提供实时、共享、统一、透明的应用服务，并为未来的发展预留了充分的空间。

## 为机场地面运行装上“红绿灯”“导航仪”，提升低能见度下飞机起降保障能力

塔台被称为“机场之眼”。位于大兴国际机场航站楼西侧指廊南端的西塔台，集现代美观的外形和智能化的指挥中枢于一体，成为指挥航班有序运行的最强“大脑”。结合地面相关导航设施设备，大兴国际机场在全国率先成为低能见度情况下的“盲降”三类B运行、使用HUD在跑道视程低至75米起飞以及高级地面引导四级标准的机场，跻身世界先进水平。

大兴国际机场高级地面引导系统，是国内首套具备四级运行标准的系统，在全球居于领先水平。从功能来讲，这套系统好比给机场地面运行装上了“红绿灯”和“导航仪”，将有效提升飞机地面滑行的安全水平和运行效率。

据了解，在机场飞行区内分布着336排停止排灯和约24000个中线灯。横向的停止排灯与公路上的交通信号灯功能基本一致，绿灯通行、红灯停止。以往，飞机在地面滑行主要依靠管制员和机组之间的通话，在交叉口存在冲突隐患；而依托该系统，能够有效识别并消除飞机滑行路线上的潜在冲突，清晰简单的标示也十分醒目直观。

高级地面引导系统的另一个重要功能，相当于给地面滑行的飞机装上了“导航仪”。在飞机落地后，系统会根据其停机位规划出最优滑行路线，随之地面上就会逐段亮起绿色灯光作为引导，飞行员根据灯光指示，可轻松地让飞机滑行到停机位。同理，该系统也可作为准备起飞的飞机规划出最佳滑行路线，引导飞机滑行到跑道起点。这种方式，将有效缩短飞机地面滑行时间。

高级地面引导系统里的灯光引导，将在天气能见度低时发挥重要作用。极端天气时，飞行员在驾驶舱里有可能看不到引导车和滑行道标示，但醒目的高级地面引导灯光会让飞行员找到前进的方向。通过航空管制员的指令和监控，再加上该系统的规划和引导，飞机在机场地面滑行就像上了“双保险”。

为确保安全托底，大兴国际机场4条跑道全部覆盖FOD检测系统，利用雷达探测技术和视频图像识别技术，对可能损坏飞机的外来物进行检测，实现了人防、物防和技防等多种手段的结合，以保障飞机运行安全。此外，机场西塔台空管主备自动化系统的飞行数据和管制员指令数据将实现双向同步，可对进港和离港航班自动排序，减少飞机盘旋和跑道等待时间，合理调配空域和机场资源，进一步提升运行效率。

## 密集应用生态节能技术，全寿命全方位贯彻绿色环保理念

大兴国际机场是国内首个从选址开始，在设计、建设、运行全过程践行绿色理念的机场，堪称我国乃至世界上绿色机场建设的典范。

在机场的景观湖区，埋藏着上万根地埋管，通过耦合式设计，它们与集中锅炉房、锅炉余热回收系统、常规电制冷、冰蓄冷等形成一个安全、稳定、可靠的复合式地源热泵系统；太阳能光伏发电系统遍布航站楼内外、飞行区、货运区、停车楼、公务机楼及工作区建筑屋顶，本期建设光伏发电总装机容量不低于10兆瓦。地源热泵、太阳能光伏等可再生能源将提供机场总用能的16%以上。

大兴国际机场在发布的绿色行动计划中明确提出：确保场内通用车辆清洁能源车使用率100%，新增特种车辆原则上使用率100%。据此初步预测，机场投入运营后，每年可减少约11610吨二氧化碳碳排放量。

水资源的利用是绿色机场的一个关键指标。大兴国际机场提出了复合生态水系统高效合理运行的“海绵机场”理念：根据自然地理水文条件，综合采取“渗、滞、蓄、净、用、排”等技术措施，构建“源、中、末”全过程雨水管控系统，实现雨水的自然积存、自然渗透、自然净化，在确保防洪安全的同时，打造良好的水生态环境，维护机场良好的生态功能。

根据相关数据，大兴国际机场的雨水分离率、污水收集率和污水处理率均达100%，机场调蓄容积可达280万立方米。同时，景观明渠、调蓄公园、湿地河道等海绵设施将缓解局部“热岛效应”，调节小气候，降低机场所在地区夏季大气温度，优化生态环境。

在推进绿色机场建设上，大兴国际机场还极具前瞻性地分解出54项绿色指标，大到功能布局、绿色建筑比例、碳排放量，小到行李手推车配备、员工职业健康设施，均实现概念指标化和任务清单化，让耳熟能详的绿色理念真正落地。作为软件配套，大兴国际机场还在国内首推能源环境管理平台，将来可通过平台实时采集与能源和环境相关的数据，通过积累分析并采取针对性措施，进一步提升机场的环保水平。

# 建好军事评估大数据

——军事大数据推动军事智能化发展系列谈之八

■ 军事科学院 雷中原

## 论 见

军事评估大数据，是大数据在军事评估领域的具体发展和应用，属于军事大数据范畴。从认知机理和技术原理看，军事评估和大数据的基础都是数据，关注的核心都是数据的分析与处理，着眼点都是将信息向认知转化、为决策提供支持。

但军事评估和大数据在数据特性和数据分析处理方法上有本质区别：大数据强调海量、多型、完全的数据样本，军事评估的数据强调目标牵引和指标导向，数据需求具有明确指向且不完备；大数据强调数据深度挖掘分析，军事评估的数据分析方法除此之外，还有综合评判、解析计算、仿真模拟、统计分析、定性分析、模糊推断等多种方式。也就是说，大数据技术不能解决军事评估的所有问题，而是军事评估技术的重要组成部分，主要用于解决基于海量数据的挖掘分析以及数据获取、存储、防护等关键技术问题。如基于网络开源数据的情报分析获取、基于战场态势数据的综合态势评估、为弥补校正军事评估数据资源、破解部分复杂军事评估问题提

供关键技术支持。

将大数据技术与军事评估技术进行集成融合，形成新的军事评估大数据理论、方法和技术，完善军事评估大数据手段，将极大提高军事体系和战场态势认知能力，加快推动军事评估智能化发展。

当今世界，传统大国与新型大国力量此消彼长，大国间战略博弈加剧，发展速度和效益成为能否赢得竞争的关键。我国正处于由大向强发展的关键阶段，国防和军队现代化建设取得了重大进展，但我国地缘战略环境还很复杂，现实军事能力与担负的新时代使命任务需求相比还有一定差距。随着我军信息化和智能化建设的深入推进，军事组织形态和体系构成越来越复杂，对精准化、专业化、系统化管理调控的要求越来越高。创新推动军事评估大数据在我军战略管理和作战指挥链路上的应用，突破军事评估数据获取、搜集、存储、防护、管理、分析和共享等核心技术，构建以数据为驱动的战略管理评估体系和作战评估体系，将有效破解军事认知瓶颈，促进我军军事评估从主观定性为主向客观定量为主转型，显著提高我军战略管理和作战指挥的质量效益，为实现党在新时期的强军目标提供有力支撑。

# 变色软体机器人现身

■ 陈灵进 吴智才 胡明生



仿变色龙软体机器人效果图

## 新 看 点

变色龙作为大自然中的“伪装高手”，在受到威胁时，不仅能逃之夭夭，还可通过改变皮肤颜色吓唬天敌或是伪装自己。它的这种环境自适应行为，启发了科学家们研究开发能感知环境并改变自己性能的变色软体机器人。

不久前，中国科学院深圳先进技术研究院的研究团队，模仿变色龙的变色原理，研制出通过颜色变化进而实现与环境交互、同时还能运动的软体爬行机器人。该研究成果发表在一家国际知名的材料学期刊上，一时间吸引无数目光，迎来了变色软体机器人的“高光时刻”。

想了解该机器人的研制方法，首先要从变色龙的变色原理说起。该研究团队负责人介绍，变色龙之所以能改变皮肤颜色，源于其身上的结构色。“变色龙的皮肤中存在一个个整齐排列的纳米颗粒，当皮肤舒张或收缩时，纳米颗粒的间距会发生改变，进而改变光的反射效果，从而呈现出肉眼可见的颜色变化。这种由于微纳结构与光相互作用产生的颜色就是所谓的结构色。”

受此启发，该研究团队研制出一款变色薄膜。薄膜中填充有溶剂蒸气后，一方面能使纳米孔洞迅速膨胀，从而改变间距；另一方面，也能改变材料的折射率，从而实现颜色的快速改变。该薄膜在溶剂环境中的颜色变化速度可达0.2秒，并且通过调控薄膜暴露在溶剂蒸气中的时间长短，能够实现不同的颜色

变化。

据了解，这项研究最大的难点在于，同时集成了变色与变形两种功能。正常情况下，要想单独实现变色或变形相对比较困难，但想获得一种既能快速变色又能变形的材料之难之又难。该研究团队发现，将薄膜厚度降低到38微米，并在薄膜无周期性结构一侧，设计阵列化排布且溶胀程度小的聚丙烯酸酯高分子条带时，由于不对称性溶胀，薄膜在溶剂氛围中不仅可快速变色，还能实现定向变形，这类变色与变形持续逾100个循环后，仍然保持优良驱动特性。

随后，该研究团队模仿自然界中可爬行的生物，将不对称性摩擦设计到兼具运动与变色的驱动器中，成功设计出能随环境变化进而改变自身颜色的软体爬行机器人，其1分钟可以爬行逾6倍自己身长的距离。

关于变色软体机器人的研究，国外也取得了不少进展。哈佛大学一个研究团队曾使用微流体技术，在软体机器人体内嵌入微型管道，再往管道内注入多种荧光材料，随后机器人的颜色、与周边环境的对比度、外壳图案、亮度、温度和形状，都可随着环境温度或光线等的变化而改变，从而同周围环境融为一体、显示信息、发出亮光，甚至还能发出红外线。

变色软体机器人可控变形与变色的性能，将使其应用前景非常广阔。不久的将来，在侦察、探测、救援及医疗等领域，我们或许都能看到变色软体机器人的身影。它可能被制造成间谍机器人的身，来进行军事侦察；也可能制造成新型医疗检测机器人，来帮助治疗疾病。