

高质量发展调研行

# 潮平岸阔 风正帆悬

## ——海南自贸港高水平开放纪实

◎本报记者 王郁 杨仑  
王祝华 孙瑜

六月的海南骄阳如火，千帆竞发。在这片热土之上，一系列高水平开放政策正在加速落地，自贸港重点园区里全球人才快速汇聚，新厂、新口岸拔地而起，自贸港建设如火如荼。

### 利好政策叠加 产业加速集聚

洋浦地处海南西北部，这里是海南最南端的国家级开发区，更有海南“工业心脏”的美誉，石化产业正是这颗“心脏”跳动的原动力之一。洋浦石化产业的转型升级、延链补链强链的举措，事关海南工业高质量发展。

在中国石化海南炼化中控室里，操作人员目不转睛地盯着屏幕，确保装置安全平稳运行。今年，随着乙烯蒸汽裂解装置投料开车成功，海南炼化100万吨乙烯项目打通全流程，正式建成投产，实现了海南乙烯工业“零”的突破。

在洋浦，仓储、码头等资源的共享，自贸港开放的利好政策加速推动了产业加速集聚。“现在，我们可以通过管道直接将下游企业所需的原料输送过去，物流成本大大降低。”中国石化海南炼化公司副总经理张强告诉科技日报记者。海南自由贸易港建设对标的是全球最高水平的开放形态，高水平对外开放需要与国际高标准经贸规则相连。海南省委深改办（自贸港工委办）副主任李宇飞表示，5年来，随着贸易投资、财税金融、航运等方面政策不断完善，海南自贸港政策制度体系初步建立。“没有自贸港的优惠政策，企业不可能发展如此迅速。”澳斯卡粮油副总经理曹又华感慨地说。在公司的生产线上，进口的大豆、菜籽经过现代化设备加工后，变成一桶桶食

用料走向更大的市场。

作为洋浦保税港区引进的首家大型实体企业，澳斯卡从动工到投产仅用时半年多，远超过行业水准。三张“零关税”清单、“两个15%”所得税、加工增值货物内销免关税等政策，大幅降低了企业经营成本，让企业尝到了“甜头”。备受关注的“加工增值超30%免关税”是海南自贸港含金量极高的政策。“去年开始，该项政策从洋浦保税港区扩展到洋浦全区，已经惠及更多企业，并以此作为高水平开放压力测试，为全岛封关运作积累经验。”洋浦保税港区发展局局长张洪光说。

### 科技方阵 跑出发展“加速度”

有着“南繁硅谷”美誉的崖州湾种子实验室是种业科研的桥头堡，是一颗颗种子蜕变、新生的地方。

走进崖州湾种子实验室，每一颗种子都拥有自己的“身份证”，记录着各项数据；实验室内配备了3000多台高精尖科研仪器设备，以高科技手段保障种子“身体健康”。来自全国的科研人员用智慧和汗水，让种子从这里走出去，播撒到神州大地上。

同样“破土而出、茁壮成长”的还有文昌国际航天城。作为海南自贸港重点园区之一，文昌国际航天城肩负着建设航天领域重大科技创新基地，打造空间科技创新战略高地的历史使命。走进航天城，记者看到一片如火如荼的建设景象。航天城各类航天产业科技创新公共平台加快建设；火箭装配厂房计划于2023年底竣工；卫星总装测试厂房已完成主体建设；航天超算中心项目进入全面冲刺阶段。

“我们已经着手开展商业航天类企业火箭发射需求、卫星产业链企业投资需求论证工作。”文昌市市长、文昌国际航天城管理局局长刘冲表示，



海口江东新区是海南自贸港重点园区之一，2020年6月正式挂牌。图为7月1日拍摄的海口江东新区总部经济区（无人机照片）。新华社记者 郭程摄

“我们积极开展航天国际交流与合作，推进‘数据出海’‘卫星服务出海’‘游戏出海’，推动宇航产品、卫星应用服务‘走出去’，打造宇航产品和卫星应用服务的进出口基地。”

未来的文昌国际航天城，作为海南科技创新高地、商业航天圣地、国际合作根据地、航天产业集聚地，将持续点亮中国人的航天梦想。

海洋方面海南同样“劈波斩浪”。海南省科学技术厅副厅长刘作凯介绍，海南成立了三亚海洋实验室，组建海南省深海高技术创新中心，加快建设深海科技创新公共平台，“两器两船”等大国重器实现常态化高效运行，万米潜次和人数跃居世界首位，作业能力达到国际领先水平。

### 高水平开放 形成人才新高地

高水平对外开放，既是新时代发展的必然要求，也是海南的责任与使命。提升创新力，关键在人。海南省发展和改革委员会党组成员、副主任

桂刚介绍，海南实施“百万人才进海南”行动计划，自2018年4月以来，已累计引进人才50.9万人。

“作为一家人工智能企业，自贸港吸引我落地海南创业、发展的一个关键要素就是人才政策。”亲和智能科技有限公司首席执行官赵健告诉记者，目前技术团队里有10%的员工拥有博士学位，近一半拥有硕士及以上学历。

“《海南自由贸易港建设总体方案》有一条政策是‘人员流动自由便利’，利用这条政策，我们可以很方便地跟国外技术人员往来交流，已经有30人次的巴基斯坦数据科学家到海南和我们交流，今年四季度预计还会有更多。”赵健说。

吸引90后小伙李昊携全家落户，成为新海南人的，同样是人才政策。作为视联动力信息技术股份有限公司技术总监，李昊顺利获评高层次人才。在当地政府、产业园区的帮助下，住房、医疗和子女入学问题都得到了顺利解决。“海南高质量发展自贸港，对我们来说，发展空间很大、机遇很多，我对海南也越来越有归属感了。”李昊说。

◎本报记者 俞慧友

6月29日至7月2日，第三届中国—非洲经贸博览会在湖南长沙举行。“年底，我们修建的阿比让四桥将正式交付，正‘赶上’明年1月在科特迪瓦举行的非洲杯。”在中非基础设施合作论坛上，中建五局非洲基础设施公司执行总经理、科特迪瓦阿比让四桥项目经理鲁重对科技日报记者说。

### 非洲有了越来越多的“中国造”

2007年，鲁重随中建五局参与刚果（布）国家1号公路项目建设。15年间，他感受最为明显的变化，就是非洲有了越来越多的“中国造”。

“中联重科、三一重工、柳工、陕汽等中国工程机械及汽车，不仅中资公司用，越来越多的印度、法国等国的公司也在用。阿比让四桥的桥梁预应力及附属工程建筑材料，则几乎实现了‘中国造’的全覆盖。”鲁重说。

这些“中国造”背后，是“一带一路”建设者的辛苦努力。阿比让四桥项目，是一个集设计、采购、施工于一体的工程总承包（EPC）项目。项目APD图纸为法国工程师设计，采用法国标准。由于不同国别专业人员的工作习惯、方法和对标理解存在差异，项目一直边设计、边施工推进。

此前“法国图纸”里的设计用料，没有中国建筑材料的“份额”。鲁重团队在APD图纸的深化设计过程中，积极将中国材料融入桥梁建设。

跑法国、发邮件、视频会……团队花费大量时间和精力，与法国设计方充分沟通，性价比优良的中国建筑材料最终获得准入资格。预应力核心材料，也实现了“中国造”的应用。

“这在十年前，是想都不敢想的。”鲁重说。

### “毫米级”攻关，创新工艺压缩桥梁“张拉”距离

阿比让四桥项目总工程师唐奇强，有一段刻骨铭心的攻关记忆。

根据桥梁箱梁体外预应力设计要求，建设中采用在无黏结钢筋线和HDPE套管间灌注水泥浆防腐的工艺，同时要在张拉前完成灌浆。

这种张拉前灌注水泥浆的体外预应力设计，无论在法国工艺还是中国工艺中，几乎无案例可参考。

在施工前的实验张拉过程中，HDPE套管出现了厘米级位移。“这种位移量在正常的弹性变形范围内，但却超出了法国图纸毫米级位移的设计要求。”唐奇强说。

为达到设计要求，团队反复实验测试攻关，过程漫长而痛苦。最终，团队创新出一种全新的张拉工艺，将原有整体张拉工艺改造为新的单根张拉工艺后，确保了管道即使受张拉力影响，也仅出现毫米级管道移动的目标。

建设过程中，建设团队创新与创造的新工艺、新技术不止于此。

在阿比让四桥的跨海桥建设中，团队还遇到了海湾中淤泥深度较大的地质问题。鲁重介绍，海中临时钢栈桥最长钢管桩近60米，永久性主桥桩基最大长度达82.5米，桩基钢护筒最长达54米。团队通过创新钢管桩施工导向装置、反循环钻机全砂层地质施工技术、钢护筒中心点测量的辅助装置、钢护筒千顶液下放系统新工艺，将这些细长的桩基牢牢地、精准地“钉”入海中。

为实现当地船只通航，团队还创新了跨海湾钢栈桥桥面垂直提升式通航孔施工法。在水上承台施工中，团队创新了可回收使用的钢套筒，并形成了跨海湾大桥水上承台有底钢套筒施工法，替代法国设计的一次性钢筋混凝土预制套筒，节约成本又高质量地完成了建设。

### 向中国学技术，建非洲家乡

刘少秋，刚果（布）小伙。他的家乡有一条河流，却仅有一条便桥通行。每逢大雨，便桥无法通行，当地人就只能远远绕行。

刘少秋萌生了到中国学习，把建筑技术带回家，建设家乡的想法。

从长安大学道路桥梁专业毕业的刘少秋回到非洲，加入了阿比让四桥项目，进一步实践和学习中国桥梁技术。

“2013年‘一带一路’倡议提出以来，我们积极投入非洲海外基础设施项目建设，先后在非洲5个国家或地区承建14项工程，累计签订合同额10.6亿美元。我们致力于成为非洲国家的道路‘开拓者’，也致力于输出中国的建筑技术，造福非洲人民。”中建五局土木公司副总经理蒋中国说。

# 极端大气河事件将随温度线性增长

科技日报讯（记者宋迎迎 通讯员侯霞）7月1日，记者从中国海洋大学获悉，该校科研团队首次利用高分辨率的气候模式，在全球范围内对未来增暖情景下极端大气河事件的变化进行了评估，在极端天气和气候变化研究领域取得重要进展。相关成果以《全球变暖下的极端大气河事件》为题，在线发表于《自然·通讯》。

大气河是大气中具有高水汽含量的狭长气流带，它们可以横跨数千公里，是导致极端降水和洪涝灾害的重要来源。

该研究利用中国海洋大学参与研制的全球高分辨率地球系统模式（CESM）并结合国际耦合模式比较计划（CMIP6）多模式数据，发现已有高分辨率以下的气候模式严重低估了极端大气河事件的发生，表明现有气候模式给出的全球变暖下极端大气河的响应存在很大的不确定性，而高分辨率的CESM模式则极大地修正了极端大气河的模式偏差。基于高分辨率CESM的研究结果表明，未来极端大气河事件几乎随温度呈线性增长；在强变暖情景下，到21世纪末，全球范围内与极端大气河事件相关的水汽输送和降水总量将至少翻倍，而登陆的极端大气河事件将增长约3倍。此外，研究进一步表明，在未来全球变暖情景下，大气河与副热带气旋之间的耦合关系将会减弱，从而影响大气河的短期预测。

研究人员介绍，气候模式中准确刻画中尺度海洋和大气过程可能是改善极端大气河模拟的有效途径，这为提高模式分辨率以提升对极端天气事件的模拟和全球变暖下的预估提供了科学支撑。

（上接第一版）作为杰出人才“孵化器”，国家自然科学基金持续完善覆盖人才成长全周期的项目体系。作为协同创新的“黏合剂”，完善多元投入机制，吸引外部资金投入基础研究约140.57亿元。

科技部部长王志刚强调，做好今年国家自然科学基金工作，要坚持“四个面向”，将科学研究与经济社会发展、强国使命相结合。要对研究任务按照基础研究、应用基础研究、技术创新等科学分类，坚持出成果和出人才并重，推动科研活动和科研主体同步进步。充分发挥学科体系特色优势，把握科学体系源

# 海南：深入推进“陆海空”科技创新

◎本报记者 孙瑜 王郁

在三亚崖州湾科技城里，一粒粒嵌入“中国芯”的种子正在科研人员的呵护下茁壮成长。自从“服务全国的南繁硅谷”建设号角吹响，这里迅速集聚起众多种业科技工作者。

“种业科学家们纷纷将三亚设为‘打卡地’，每年8000余名种业科技工作者来到海南。”海南省科学技术厅副厅长刘作凯说，以三亚崖州湾科技城为核心，海南省建成全国最集中连片、体系最全、设备最先进的种业科技创新平台集群。

让种业科技工作者在这片热土上尽情挥洒汗水，离不开良好的科技体制机制。崖州湾种子实验室合作交流平台负责人夏勉告诉记者，实验室实施“揭榜挂帅”项目，开展种业创新关键技术联合攻关，组织全国范围的优秀科研力量攻克种业难题。2022年，实验室与

企业联合设立27个“揭榜挂帅”项目，将科研与产业结合在一起，破解粮食产业之需，保障国家粮食安全。

创新氛围吸引了崖州湾种子实验室科研人员杜梅。她告诉记者，一个科研项目完成并应用到生产实践的过程通常非常缓慢，“但在崖州湾科技城里，聚集了很多种业中下游企业，产学研结合很紧密，在实验室里做出来的实验成果，可以快速转化为应用到田间的成果。”

在崖州湾科技城，不仅有强劲的种业科创引擎，还有不断刷新纪录的深海科研力量。6月11日，“探索一号”科考船靠抵三亚，南海西北陆坡一号、二号沉船第一阶段考古调查工作也随之宣告结束。历时20余天，500多年前的神秘古代沉船，带着过去的传奇显露浩瀚南海之下。

我国超过1000米深度的海域主要位于南海，濒临南海的崖州湾科技城南山港，肩负着加快构建深海科技研发体

系、助力海洋强国建设的使命。据了解，自南山港打造科考母港以来，已服务700多个科考航次，全国有近40家科研单位从南山港驶向远海开展研究。“科考大部分在1000米深及以下开展，科研人员从南山港出发到目标水域可实现当天往返，能尽快落地科研成果。”三亚崖州湾科技城管理局党委专职副书记牛晶晶介绍，截至5月底，南山港今年已完成295航次科考船服务，同比增长近3倍。同时，科技城还在全力推进深海科技创新公共平台建设，进一步支持南海立体观测网、南海海洋大数据中心等“透明南海”和智慧海洋项目实施。

下五洋捉鳖，上九天揽月。目光转向文昌国际航天城，椰风海韵中，商业航天发射场正拔地而起。

“海南商业航天发射场是我国首个商业航天发射场。”海南国际商业航天发射有限公司党委书记郭强介绍，按照时间节点，今年年底发射场要

完成加注供气系统和1号工位的建设，明年第二季度实现首发。

低纬度可大幅提升运载火箭发射效能，是海南发展航天科技产业的独特优势。火箭重型化和可重复使用的发展趋势以及自贸港政策优势，加速赋能文昌国际航天城推进发射区、高新区、旅游区“三区”联动发展，火箭链、卫星链、数据链“三链”产业同构，探索“航天+”产业全面发展。

“文昌国际航天城就像一个孩童，2020年‘诞生’，2021年学会了‘爬’，2022年学会了‘走’，2023年将依靠科技力量进入‘跑’和‘飞’的阶段。”文昌市市长、文昌国际航天城管理局局长刘冲说，未来航天城将打造四个“地”，即科技创新高地、商业航天胜地、国际合作根据地、航天产业集聚地。

近年来，海南省发挥“温度”“深度”“纬度”优势，南繁种业、深海科技、航天科技“陆海空”三大未来产业正在科技加持下支撑下蓬勃发展。“依托‘陆海空’重大科技创新平台，海南省科技人才加速聚集，逐步形成研发优势，正在加快转化成产业优势。”刘作凯说。

# 为超高压直流输电工程“心脏搭桥”

◎本报记者 陈瑜

葛洲坝—上海南桥±500千伏直流输电改造工程近期正式投运，据葛洲坝—上海南桥工程改造工作组组长张民介绍，葛洲坝—上海南桥直流改造工程是国家电网公司近年来技术含量最高、改造范围最广的综合性技术改造示范项目，创造了多项国内“首次”。据了解，该工程采用了全球首创且具有完全自主知识产权的可控换相换流阀（CLCC）

和基于国产芯片的全自主可控直流控制保护系统等技术创新成果，实现了直流输电技术的又一次里程碑式跨越。

葛洲坝—上海南桥±500千伏直流输电工程于1989年建成投运，是我国首条±500千伏超高压直流输电工程。随着运行年限增加，工程送端葛洲坝和落点南桥两座换流站的核心设备老化严重，运行不稳定。据悉，本次改造总投资9.86亿元，通过深化传统直流技术创新升级、全面推进直流核心设备自主化，在传统直流技术升级、自主可

控核心设备突破、直流核心设备延寿等方面进行了大量创新实践。

国网上海超高压公司毛毅科博士说：“换流阀是直流输电工程的‘心脏’，可实现类似于‘动脉’的交流电能和作为‘静脉’的直流电能之间的交互。传统换流阀虽然具有容量大、损耗低、可靠性高等优点，但也存在容易发生换相失败的风险。这一缺陷所带来的风险，相当于换流阀因‘动脉’的微小扰动引发千兆瓦级能量的‘心脏骤停’。”

为此，国网智能电网研究院于

2019年组建科技攻关团队，经过近5年持续不断地探索，原创性地推出可控换相换流阀（CLCC）技术。该设备采用全控、半控器件混联的并联双支路结构，通过在“动脉”扰动时刻精准引入全控器件实现“心脏搭桥”，从而彻底解决换流阀换相失败的技术难题。这是对传统换流阀高压直流输电技术的一次重大革新，具有极其重要的示范引领作用。

国家电网公司设备部主任郭贤册表示，葛洲坝直流改造工程的成功投运，保障了上海地区迎峰度夏电力供应和三峡电力可靠外送，实现了直流输电技术的又一次里程碑式跨越，为推动能源高质量发展，提升国家能源安全保障能力，强化创新发展原动力具有重要意义。

# 大载重无人机首次用于电网基建运输

科技日报讯（记者都芑）7月1日，一架无人直升机在河北省丰宁满族自治县500kV承德北站至阜康换流站双回输电线路工程黄旗镇现场升空。这是国内首次将大载重无人直升机成功应用于500kV超高压电网基建工程物资运输。作业过程中，直升机升空20分钟后，沿着陆峭山脊上升，成功将吊运的208公斤塔材平稳放到山顶浇筑好的铁

塔基础旁，随后返航至料场悬停，地面装载人员将提前打包好的第二批物资快速挂钩，随即便开始第二批吊运了。

此次作业的特殊环境给了大载重无人直升机用武之地。该输电线路工程位于山区，地形复杂，地势起伏较大，传统的索道或人背马驮等运输方式安全风险高，建设进度难以保障。“飞行平台可以直线跨越复杂地形，将物资吊运至山顶塔位

位置，具有安全可靠、机动灵活、不受地形限制等优势。”国网空间技术公司空间技术中心无人机处副处长程海涛说，利用直升机长绳吊索，吊运物资基本可覆盖各类绝缘子、塔材和金具等物资及工器具。

据了解，此次参与作业的是我国自主研发的、专门适用于电网工程应用的SG-400型直升机。该机翼展3.46米，机身长2.55米，采用自主研发的飞行系统和

涡轴轮发动机，通过纵列双旋翼设计，利用两旋翼反方向旋转克服反扭力，无需尾桨，更加适合复杂地形环境。在210公斤重物挂载情况下，该直升机仍可续航数小时。

该直升机拥有自主设计的物料接地挂钩、脱钩方式，在开展吊运作业时，由地面装载机将完成打捆并放置于地面的电力物资挂放于长绳吊索末端挂钩。在投放点，直升机借助精准投放装置，可根据物资触地后的受力变化自动完成脱钩摆放，在续航时间内保持不间断运输作业，避免因降落带来的启停设备工期消耗，较传统吊运方式提高3倍以上效率。

# 中国建筑技术走俏非洲