



图为正在浮运钢壳沉管的“一航津安1”。受访者供图

## 世界上建设规模最大沉管隧道+世界最高跨海悬索桥 港珠澳大桥之后，伶仃洋上再起超级工程

本报记者 矫阳

浩瀚的伶仃洋上，距港珠澳大桥正北38公里，正开启一个新征程——又一世界级超大型“桥、岛、隧、海底互通”四位一体集群工程，全长24公里，设计八车道、时速100公里的深圳至中山通道（以下简称深中通道）已显雏形，其中特长海底沉管隧道和一座飘浮在海上的特大悬索桥，将开创世界先例。

领衔设计完成港珠澳大桥的中交公路规划设计院有限公司（以下简称公规院），也是深中通道设计的主力军。受航运和空运等条件限制，深中通道设计采用了“东隧西桥”的设计方案，核心工程包

括两座人工岛、一座沉管隧道和伶仃洋航道大桥、海底沉管隧道6.8公里，其中沉管隧道由32个管节加一个最终接头“搭积木”连接而成，是目前世界上建设规模最大的沉管隧道，也是我国首例钢壳混凝土沉管隧道；伶仃洋大桥系三跨全漂浮体系悬索桥，主跨跨径为1666米，主塔高270米，桥面高达90米，为世界最高跨海悬索桥。

“深中通道是继港珠澳大桥后，我国在超大型‘桥、岛、隧、海底互通’四位一体集群工程建设领域的一个新高度，是在该领域引领世界技术发展的又一力作。”公规院深中通道勘察设计总负责人徐国平说。

的浮力、压力、重量等作用而设计的施工工法。

深中通道的沉管隧道体量巨大，单孔跨度18—24米、宽46—55.46米，平均每节排水量约8万吨，相当于一个中型航母，用钢量约1万吨，有2500多个独立仓格。

超宽、变宽、深埋、回淤量大、采砂区域地层稳定性差，是深中海底隧道五大技术难点，工程规模和技术难度前所未有。“由于沉管安装是一个连续、不间断的施工过程，包括舢装、整平、出坞、浮运、沉放、对接、回填，可以说是环环相扣、几乎是不可逆的作业过程。”深中通道管理中心副主任兼总工程师宋神友说，沉管的浮运安装是隧道施工最关键的一道工序，也是技术“最神秘”和风险最高的工序。

槽，然后将预制管节陆续浮运至海中隧道基槽上方，一个接一个高精度定位沉放于水底基槽内，利用水压实现管节相互水密连接，之后再辅以其他相关工程施工，使这些管节组合贯通为隧道，成为连

接水体两端的陆上交通。”公规院深中通道设计服务现场负责人黄清飞说。

“关于钢壳混凝土沉管隧道结构，国内缺乏相应设计标准、建设技术及经验，尤其是管节钢壳高精度制造、钢壳多次转场的结构质量控制、管节混凝土近零缺陷免振捣浇筑、管节长距离浮运安装的风险管控等，都面临巨大的挑战。”徐国平说。

这座世界级钢壳沉管隧道正“智”潜海底。“智能建造成为深中通道在跨海工程实践中最突出的创新亮点，诞生了一个又一个世界和国内首创。”曾任深中通道管理中心主任的广东省公路建设有限公司总经理陈伟乐说，项目研发了国内首条钢壳沉管智能制造生产线，首次实现了块体智能焊接和智能涂装；同时，在国际上首次研发了钢壳混凝土智能浇注系统；

### 特大悬索桥渐从海中“浮”出

伶仃洋大桥是深中通道的又一奇迹，这是一座完全漂在海上的特大悬索桥。这座大桥正从海中渐渐“浮”出。

5月1日，伶仃洋大桥3600吨的“第一塔吊”顺利完成检测，这是建设过程中的最大吨位塔吊，最大幅度起重量可达80吨。“目前，伶仃洋大桥已完成部分工程的建设，待桥墩建设完成后，这台塔吊还将用于片架架设。”公规院深中通道桥梁设计负责人吴明远说。

为满足通航需求，伶仃洋大桥设计采用了世界最大跨径离岸海中悬索桥技术，桥面达到三十层楼高。伶仃洋大桥地处珠江口开阔水域，是频发发生强台风的区域。“大桥设计为超大跨径三跨吊全漂浮体系悬索桥，桥梁结构柔、阻尼比小，同时桥面超高，主梁的颤振检验风速高达83.7米/秒，桥梁的抗风问题突出。”公规院深中通道桥梁设计负责人徐军介绍。

桥径且高，这座完全漂在海上的特大悬索桥，将如何从海中浮出？为攻克这一难关，伶仃洋大桥项目从结构理论、设计方法、技术标准、材料、施工工艺、智能制造、装备、检测方法等各方面组织开展了

研发和制造了世界上第一艘运安一体船，降低了长距离浮运风险；并且打造了国内一流的智慧梁厂。

据悉，用于浮运安装沉管隧道的最大秘籍是“一航津安1”，这艘由中交第一航务工程局有限公司研发的专用船舶集沉管浮运、定位、沉放和安装等功能于一体，具有动力定位系统（DP）动力定位和循迹功能，拥有完全自主知识产权，目前已获得国家专利并申报了国际专利。

“我们组织设计、施工、科研、装备四位一体产学研结合的攻关模式，历经3年研发，基本上成功攻克了项目乃至行业的关键技术难题，形成了具有自主知识产权的钢壳混凝土沉管隧道建设成套技术和中国标准，填补了相关领域的空白，具有显著的经济效益和社会效益。”宋神友表示。

20余项专题研究工作，形成了项目专用的技术标准体系。”吴明远透露，项目组织了国内具有大型风洞实验室的4个大学进行平行研究，研发了新型组合气动控制技术，攻克了超大跨径整体钢箱悬索桥在强台风区域的灾难控制难题；采用筑岛加地连墙集成创新技术，攻克了海域超大锚碇的建设难题。

深中通道还有多项创新：首次采用十二锤联动的振沉方式，完善了由我国首创的“钢圆筒围堰快速成岛”技术；首次大规模在水工建设中采用深层混凝土搅拌（DCM）桩、高压旋喷桩施工工艺；首次建设世界最大海中锚碇，锚碇基础采用8字形地连墙基础，最大深度65米，锚碇混凝土总方量为372513.8立方米……这些“中国技术”正一步步引领世界交通基础设施建设达到新高度。

深中通道为国家“十三五”重大工程和《珠三角规划纲要》确定建设的重大交通基础设施项目，是推动粤港澳大湾区建设的重要工程，也是粤东通往粤西乃至大西南的便捷通道。项目于2016年12月29日开工建设，计划2024年全线通车，届时珠江两岸将实现半小时通达。

### 首节钢壳沉管6月底浮运安装

4月27日，深中通道核心装备，一艘自航式沉管运输安装一体船“一航津安1”，正式开赴牛头岛沉管预制智慧工厂深坞区。

这是世界首个集沉管隧道浮运安装于一体的专用船舶，进坞后将连接首节沉管E1开展二次舢装，以确保沉管安装毫米级的精度，这也标志着项目首节沉管与岛上现浇隧道对接前的施工准备工作进入关键时期。

“今年是深中通道‘桥、岛、隧、海底互通’全面建设的关键之年，确保首节沉管6月底顺利浮运沉放是今年的重中之重。”深中通道管理中心主任王敬桐说。

在海洋中间建设长距离隧道，沉管技术几乎是目前最安全可行的手段。这一技术是巧妙运用水

### 超级钢壳沉管隧道“智”潜海底

超级钢壳沉管隧道是如何建造的？浮运安装，这一“最神秘”的技术和风险最高的工序有何秘籍？“与常规明挖隧道现场浇注施工不同，沉管隧道是先在岸上预制若干管节，并在海中预先挖好基

### “天空地一体化水稻农情监测”系统贵州落地

## 水稻种植有了可视化决策参考图

王晓刚 本报记者 盛利

贵州省岑巩县杂交水稻种植已有40余年，常年种植面积4万余亩，每年可向市场提供优质水稻良种800万公斤。与往年不同的是，今年是贵州省岑巩县第一次真正落地应用由电子科技大学研发的“天空地一体化水稻农情监测”系统。

近日，通过该校资源与环境学院科研团队在岑巩县国家级杂交水稻种子生产基地配备的大数据“智慧管家”，农业生产基地的景象经卫星遥感、视频监控等方式被传送到千里之外的成都。而且，“天空地一体化水稻农情监测”系统不仅可以从遥感图上看到不同农作物的种植分区，当地的气象、

水稻种植等详细数据也能够实时传送，形成了可视化的水稻种植“决策参考图”。

### 把农业大数据接入“智慧管家”

2018年上半年，电子科技大学资源与环境学院何彬彬团队获批立项了国家重点研发计划课题，围绕华南、西南8省市水稻化肥精准施用开展大数据集成示范及应用研究。为将研究成果落地，2019年，电子科技大学与该校定点扶贫县——岑巩县签署校地协议，在当地国家级杂交水稻种子生产基地启动“天空地一体化水稻农情监测”系统建设。

“项目从最初立项到‘实战’近3年时间，突破了因跨学科交叉研究而导致的涉及专业知识面广、

缺乏可供参考的成熟方案等技术瓶颈。”何彬彬说。

为收集一手监测数据，何彬彬团队30多人先后赴岑巩县开展实地调研、现场作业和野外实验，研发了核心算法，搭建起硬件平台。通过在田间地头安装物联网设备，把气象监测、苗情监测、病虫害监测等相关数据全部接入到大数据系统中。为了提高水稻农情监测的精度，团队还获取了卫星遥感数据，用无人机对稻田进行了大面积“扫描”。

“把卫星遥感、无人机遥感、地面多源遥感和稻田物联网数据相结合，就形成了从卫星到地面、从宏观到微观的全方位、实时化的水稻农情监测系统。”何彬彬说，经过集成测试，该项目一期于2019年10月顺利通过鉴定验收。

### 细查水稻的全周期“生长曲线”

这套农业生产“最强大脑”有哪些用武之地？记者了解到，该系统拥有华南、西南8省市近20年来的水稻农情数据库，研发团队通过算法分析这些数据，可以得知“健康水稻”的全周期“生长曲线”。以此为样本和标尺，系统在接收稻田内即时产生的监测数据之后，就会自动计算、比对，及时为农技人员或农民提供预警。

研发团队负责人李世华教授表示，结合卫星遥感和无人机遥感，就可以进行大面积的监测，哪里“营养过剩”或“营养不良”一目了然。他举例说，以往农作物营养“过剩”或“不良”到什么程度，很难量化描述。现在用高光谱成像仪、植株营养分析仪等仪器监测并经过平台的智能计算，可以看到水稻营养的准确数值，为精准施肥提供依据。

研究团队成员周纪教授表示，通过大数据农情

监测系统，可以使施肥做到不多不少刚刚好，既确保水稻产量，又保护绿水青山，实现农业绿色发展、可持续发展。

### 病虫害难逃遥感数据“围追堵截”

“晚上稻田里亮起灯来，昆虫会被灯光吸引，扑向光源被杀死；虫情探测灯会自动拍照识别虫害类别、计算虫害的‘密度’，判断虫害隐患和发展趋势；摄像头可以定时给稻田拍照识别是否有虫害危害。”研究团队成员张宏国说，在该系统背后一些新型的监测分析设备正用于科学、量化的虫害防治。

“没有一片稻田是绝对安全的‘孤岛’，病虫害防治更需要大面积协同。”张宏国说，在新系统中团队可以通过遥感数据，更大范围地判断病虫害的受灾面积，并能预测病虫害的扩散趋势，加强病虫害防治的协同联动。同时，系统还可对区域水稻的抗药性和农药残留进行诊断，为精准施药提供科学依据。

诊断“病情”之后，系统还会贴心地推荐相应的“医生”——专业化的农资农技公司，并提供相应的联系方式，方便农民联系技术人员用无人机精准施药，既节省成本，又提高效率。目前，研究团队已经针对不同用户的特点，开发了网页版、APP版、微信公众号等不同类型的终端产品，用户用手机就可以十分便捷地使用这套系统。

“如果用户都能熟练使用，在田间随时用手机拍照上传系统，每位用户就相当于一个‘地面移动监测站’。”何彬彬说，大数据系统有一个特点，就是用户越多地使用它，就能积累更多的样本数据，能让系统变得更为聪明，决策更科学、判断更准确。未来希望这套系统在华南、西南8省市乃至全国范围内广泛应用。

### 展示台

#### 加强深度合作

#### 重庆与上海交大共推创新转化

科技日报讯（记者雍黎）近日，重庆市人民政府与上海交通大学签署战略合作协议。重庆市将与上海交通大学在战略决策咨询、科技创新与合作、科技成果转化等方面开展深度合作，推动建设具有全国影响力的科技创新中心。

在科技创新与合作方面，重庆市支持上海交通大学在重庆建设上海交通大学重庆研究院（以下简称研究院），支持上海交通大学的科研平台在渝设立分中心。重庆两江新区管理委员会已与上海交通大学签署了研究院的共建合作协议。研究院将采取总院+中心（基地）的建设模式，结合重庆市发展方向，重点围绕航空航天、装备制造等领域，在重庆布局建设高端研发平台、成果转化及产业孵化基地，开展研究生培养、人才培养等工作。据悉，上海交通大学重庆研究院已经在两江新区揭牌。

在科技成果转化方面，围绕重庆市航空航天、智能制造等领域发展需求，重庆市将推进上海交通大学科技成果优先在渝实现转化和产业化，支持重庆市西部（重庆）科学城建设，高标准建设国家自主创新示范区。

重庆市科技局相关负责人介绍，上海交通大学近年来与重庆开展了共建上海交通大学重庆临近空间创新研发中心等合作，此次通过进一步深化合作，引入上海交通大学更多优质科教资源，将促进重庆市科技创新、人才培养和产业发展，助力西部（重庆）科学城建设，打造具有全国影响力的科技创新中心。

#### 聚焦特色资源

#### 青海启动两个省级重大科技专项

科技日报讯（记者张蕴）近日，青海省科技厅启动2020年两个省级重大科技专项“中藏药安全性评价技术体系建设与重点中藏药评价”“黑果枸杞产业关键技术研究及高值利用”项目。“中藏药安全性评价技术体系建设与重点中藏药评价”项目将有效解决西北地区缺少实验动物中心的短板，为藏药行业产品优化升级和高质量发展提供技术路径和研究示范。“黑果枸杞产业关键技术研究及高值利用”项目将建立国内首条黑果枸杞活性成分绿色智能制造线。

“中藏药安全性评价技术体系建设与重点中藏药评价”项目，总投资3000万元、省科技专项资助1500万元，项目分为“药物安全性评价中心（GLP）技术体系建设”和“重点藏药品种有效性研究与安全性评价”两部分。

“黑果枸杞产业关键技术研究及高值利用”项目，总投资1200万元、省科技专项资助600万元，项目围绕制约黑果枸杞产业发展的共性关键问题开展研究，推进黑果枸杞青素稳定性提升和活性成分的高效利用，开发黑果枸杞系列高值化发酵产品并实现产业化。

#### 借助“长征”东风

#### 把航天种子种到内蒙古

本报记者 张景阳 通讯员 路霞

随着近日长征5B返回舱顺利着陆，地面的育种专家们也开始忙碌起来。在验证我国新一代载人飞船众多关键技术的同时，为充分发挥工程任务优势，试验船还进行了植物新技术、新品种在轨验证和实验搭载。

“科研人员将对在内蒙古自治区范围内征集的9家单位26个品种74份育种实验搭载材料，开展空间辐射生物学研究、空间诱变和航天育种研究，以航天技术优势助力科技兴蒙，促进科研成果在内蒙古的落地转化。”内蒙古生物技术创新中心（以下简称生物院）院长随洋告诉记者。

2018年，生物院加入中国高科技产业化研究会航天育种创新产业联盟（以下简称航天育种联盟），并于2019年成为该联盟在内蒙古地区的唯一战略合作伙伴。

随洋介绍，科研人员为内蒙古地区搭建了一条专业的航天搭载、航天育种渠道，通过战略合作把内蒙古地区更多优质、稀缺种质资源快速、长期、持续地送到太空去，航天育种与地面常规育种相比具有突变多、变异大、稳定快的特点，是培育高产、质优、早熟、抗病虫害新品种、新种质资源的新途径，通过航天育种可获得一大批突破性的农业新品种。

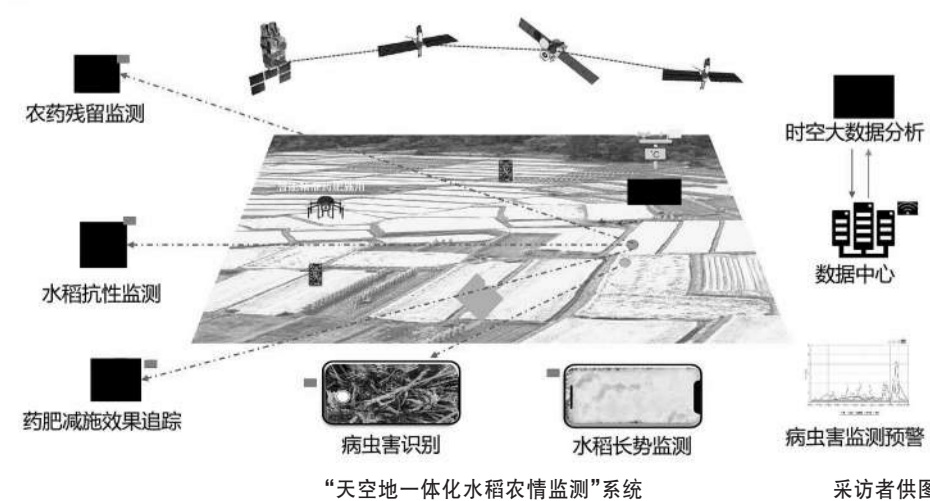
“下一步，我们将和中国高科技产业化研究会共建航天育种内蒙古研究院，开展优质种源筛选、空间诱变育种、地方特色作物品种改良和推广‘航天优质品种’等工作。”随洋说。

除了选育，研究人员还将在航天新品种推广上投入更多精力，更好地解决目前内蒙古农牧业领域品种短缺的问题。

2016年，生物院结合内蒙古地区的种植结构和发展特色农业的需求，通过航天育种联盟和京蒙科技合作现代农业技术转移平台，积极开展航天育种农业科技成果转化，筛选出39个优势航天蔬菜和林果类品种，在内蒙古自治区的农业科技园进行示范种植。

2019年9月，内蒙古科技厅在呼和浩特主办了航天新品种秋季作物现场观摩会，包括椒类、以及瓜类等50余个果蔬航天新品种，在生物院种植示范基地——呼和浩特市万鑫农业科技园进行了集中展示，来自全区12个盟市的农业科技园、专业合作社和科技特派员代表参加了观摩会。

随洋表示：“接下来，我们将加大宣传力度，让更多科研院所、育种企业、农业科技园利用好航天育种的渠道和技术，培育更多、更好的自主知识产权新品种，也将试点建立一批航天新品种示范基地，利用航天品牌，打造更多优质、绿色的农产品。”



“天空地一体化水稻农情监测”系统

受访者供图