



普适监测接收机 —— MS451

- ④ 低功耗：平均功耗 $\leq 1.5W$ （长链接），节约供电系统成本
- ④ 指示灯45°倾斜，充分考虑人体视觉体验
- ④ 内置MEMS倾斜测量辅助

中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址 www.hi-target.com.cn
热线 400-960-9990

售后服务



品牌授权



定位 POSITIONING

2021/12/31
冬季刊 总第54期

中海达
HI-TARGET



微信扫码关注

跨界融合, 破局与新生



让“我”变成您喜欢的模样

2011年的秋天，《定位》杂志诞生。

在您的参与下，《定位》杂志成为行业发展的见证者和记录者。

在您的陪伴下，《定位》杂志成为行业技术的传播者和推动者。

在您的支持下，《定位》杂志朝着最懂行业刊物的目标前进。

在经历四千个日夜办刊后，《定位》杂志深知，

您的支持和陪伴是杂志永葆品质的动力源泉。

在新年之际，《定位》杂志诚邀您参与问卷调查。

请扫描活动二维码填写，写下您的喜好，

让杂志变成您喜欢的模样。

参与即有机会抽奖，可获得精美礼品。



《定位》杂志想陪伴您走得更远，这离不开您的关注与参与。
现在，杂志向您发出征稿邀请。

类型：与空间信息行业相关的文稿、视频、图片

稿酬：100~1000元/篇（详情稿费请查看杂志版权页的征稿令）

投稿渠道：

1. 邮箱：bjb@zhdgps.com

2. 微信：添加小达为好友即可投稿



作品一经采用，即付稿酬，稿酬视内容而定，最终解释权归中海达所有。

跨界融合，你准备好了吗？

本刊编辑部

在科技发展和产业需求双重驱动下，跨界融合应运而生。原本毫无交集的行业开始碰撞出耀眼的火花，行业边界由此被打破。作为国民经济和社会发展必不可少的一项前期性、基础性和公益性工作，空间信息产业成为跨界融合的重要对象。

刚触碰跨界融合的空间信息产业，更多的是“融进来”。简言之，其他行业跨界进入空间信息行业，这种结果虽然拓宽了空间信息产业服务范围，但带来的后果是市场份额被瓜分。以导航电子地图为例，从导航电子地图制作资质发放到地图数据采集设备，空间信息产业拥有绝对的话语权。然而，当BAT公司进入后，导航电子地图话语权发生了颠倒，空间信息产业从“主角”沦为“配角”。之后在BAT公司的推动下，导航电子地图不仅成为人们出行的必备工具，而且成为自动驾驶的“眼睛”，导航电子地图产业晋升为万亿级的市场。在这片蓝海的争夺中，空间信息产业丢失了市场的主动权。

空间信息产业没有重蹈覆辙，在跨界需求的驱动下，行业积极“走出去”，主动与其他行业和技术寻求融合应用，推动行业转型升级。于是，我们看到了空间信息技术与大数据技术融合为智慧城市服务、与BIM技术融合为高速公路施工建设服务、与计算机技术融合为实景三维中国建设服务……空间信息服务范围进一步拓宽，且已深入到人们衣食住行、生产生活的方方面面之中。

空间信息产业的企事业单位要有上述一番作为，有三个因素缺一不可。首先，企业要勇于打破固有观念的束缚，敢于拥抱新事物；其次，企业要在产品上下功夫，着力提升产品的品质、性能、类型，以满足不同行业的需求；最后，企业要改变服务模式，从提供软硬件产品到提供整体解决方案，以满足客户全方位需求。

机会总是留给有准备的人，面对跨界融合的契机，你准备好了吗？📍

智喙 PM-1500

机载激光测量系统

- 长测程：1500m
- 高频率：200万点/秒
- 高速度：400线/秒
- 实时点云
- 免基站
- 无限次包赔
- 多回波技术



中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址：www.hi-target.com.cn
热线：400-960-9990



定位 POSITIONING

2021年12月 (总第54期)

出品

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

支持单位

广东省卫星导航与位置服务产业技术创新联盟

广州卫星导航与空间位置服务产学研技术创新联盟

总编/魏耀宗

主编/孙蓓

副主编/何溪

记者/李善清 罗嘉欣

发行/何溪

美编/卢洪朗

联系方式

地址：广州市番禺大道北555号天安科技园13号楼
电话：020-22883901
传真：020-22883900
邮箱：bjb@zhdgps.com
网址：www.hi-target.com.cn

声明

内部资料，免费交流。
文章所述仅为作者个人观点，不代表本刊或者中海达相应立场。
版权所有，如需转载，请注明出处。

新征稿

每一个行业人的故事都值得被记录和传播
无须华丽辞藻，精湛摄影，酷炫特效
朴实、走心，真实才充满力量

短视频：500元/分钟

(根据成片最终发布视频的时长计算)

原创拍摄，画面不低于1280*720，时空定位精准清晰，包含行业热点、关键技术等。

中海达的抖音号开通了，精彩内容抢先知道。



文章：200-500元/千字

原创，与行业热点行业相关，文笔流畅。

图片：50-100元/张

与行业热点行业相关，不小于1M，分辨率50万以上文字清晰。

应用案例：1000元/篇

原创，中海达应用案例，项目中的实际应用，包括项目背景、仪器型号、应用成果、用户评价等，至少附带2张。

其他：200元起

H5、海报、漫画、长图等形式，原创或经授权改编，内容符合行业热点行业相关。

投稿邮箱

1. 邮箱：bjb@zhdgps.com

2. 微信：添加小达为好友即可投稿



作品一经采用，即付稿费，稿件所有权归中海达所有。



P14



李清泉 | 创新才能
玩转跨界融合

P18



姜卫平 | 北斗跨界融合，
让万物更互联

P24



张新长 | 跨界融合
让测绘变成大众科技

P26



陈能成 | 可感可知可预测，
GIS未来无限可能

12/特别策划 *SPECIAL*

跨界？出圈？空间信息新边界

在跨界融合大趋势下，空间信息产业如何应对？是跨界？还是出圈？专家有话说。同时空间信息产业跨界融合取得了怎样的成效？智慧城市、电力行业、公路行业三个案例给您答案。

- 14/ 李清泉：创新才能玩转跨界融合
- 18/ 姜卫平：北斗跨界融合，让万物更互联
- 24/ 张新长：跨界融合让测绘变成大众科技
- 26/ 陈能成：可知可感可预测，GIS未来无限可能
- 30/ **智慧城市** 数字孪生+大数据造顺德“智慧大脑”
- 36/ **电力行业** 机载激光雷达赋能，作业更安全高效
- 42/ **公路行业** 北斗联手BIM，助施工提质增效

01/ 刊首语 *PREFACE*

跨界融合，你准备好了吗？

06/ 热点资讯 *HOTS*

48/ 特约专栏 *COLUMN*

城市体检探索与实践

土建工程提质改造的秘诀

北斗“云+端”让作业更精准智慧

54/ 中海达讯 *NEWS*

56/ 光影故事 *ART*

冬日里的风景

2021年地理信息行业十大新闻

对于地理信息行业而言，即将过去的2021年既充满挑战，又充满惊喜。一年来，测绘资质改革落地、第三次全国国土调查成果发布、注册测绘师纳入准入类.....让我们共同回首地理信息行业年度大事。

地信人当选“感动中国2020年度人物”

2月17日，《感动中国2020年度人物颁奖盛典》在央视播出，自然资源部第一大地测量队（下称国测一大队）获评感动中国2020年度人物。

国测一大队组建于1954年，主要负责国家测绘基准体系的建设与维护，包括国家和省级大地控制网、高程控制网和重力控制网的布测。其测绘业务能力代表着我国大地测量工作最高水准，是我国基础测绘的主力军，多年来为国家经济社会发展提供了坚定的测绘保障。值得一提的是，2015年7月1日，习近平总书记给国测一大队参加首次珠峰测量的老队员、老党员回信，充分肯定他们爱国报国、勇攀高峰的感人事迹和崇高精神。



大众手机实现北斗三号短报文通信功能

5月19日，兵器工业集团在北京举办北斗三号短报文通信融入大众手机阶段成果展示会，现场演示普通智能手机直接与距地面约3.6万公里高度的北斗卫星通信，成功完成短报文信息互通。这标志着北斗短报文通信由传统专用终端应用，迈入面向大众手机直接提供服务的新阶段，为北斗系统提供更优质、更便捷、更佳用户体验的短报文通信特色服务奠定坚实技术基础。

北斗短报文通信进入大众手机，创新移动通信编码和高灵敏度信号捕获等多项技术，攻克大众手机体积约束强、功耗要求高等关键瓶颈，实现手机“不换SIM卡、不换手机号、不增加额外设备”即可同时享受北斗短报文和移动通信服务。



测绘资质改革落地

6月7日，为进一步落实党中央、国务院“放管服”改革要求，促进地理信息产业发展，维护国家地理信息安全，自然资源部印发了修订后的《测绘资质管理办法》和《测绘资质分类分级标准》，两规范于7月1日起施行。

此次改革，主要有四个方面举措。第一是压减测绘资质类别等级。将测绘资质由甲乙丙丁4个等级压减为甲乙2个等级。测绘资质类别等级总数由138项压减至20项，压减幅度达85.5%。第二是下放甲级测绘资质审批权限。除导航电子地图制作甲级测绘资质保留在自然资源部审批外，其余9个专业类别的甲级测绘资质审批权限均由自然资源部下放至省级自然资源主管部门。第三是合理降低准入门槛。突出测绘资质专业属性，取消没有法定依据的前置考核条件，降低测绘相关专业技术人员和非常用贵重装备的考核要求。第四是压减审批时限和材料。将审批时限由20个工作日压缩至15个工作日，并压减证明材料，继续实行“不见面”审批，大力推行测绘资质电子证书。



第三次全国国土调查主要数据成果公布

8月25日，国务院第三次全国国土调查领导小组办公室、自然资源部、国家统计局发布《第三次全国国土调查主要数据公报》。数据显示，我国现有耕地19.18亿亩、园地3.03亿亩、林地42.62亿亩、草地39.68亿亩、湿地3.52亿亩、城镇村及工矿用地5.30亿亩、交通运输用地1.43亿亩、水域及水利设施用地5.44亿亩。从这次调查数据上看，全国层面实现了国家规划确定的2020年耕地保有量目标。此外10年间，生态功能较强的林地、草地、湿地河流水面、湖泊水面等地类合计增加了2.6亿亩。

“三调”是一次重大国情国力调查，也是党和国家机构改革后统一开展的自然资源基础调查。其成果是国家制定经济社会发展重大战略规划、重要政策举措的基本依据。



国土空间规划“一张图”国家标准实施

10月1日，国家标准《国土空间规划“一张图”实施监督信息系统技术规范》（下称《标准》）正式实施，这是国土空间规划领域的首个国家标准，适用于国家、省、市、县国土空间规划“一张图”实施监督信息系统的建设与管理工作。

《标准》提出，国土空间规划“一张图”实施监督信息系统是建立国土空间规划体系的重要内容，基于新技术、新手段，为国土空间规划编制、审查、实施、监测、评估和预警全过程管理提供技术支持。

同时，《标准》规定了国土空间规划“一张图”实施监督信息系统的总则、数据要求、功能要求、环境要求和安全运维要求。国土空间规划“一张图”实施监督信息系统包括“一张图”应用和指标模型管理等基础功能，支撑国土空间规划分析评价、成果审查与管理、规划实施和监测评估预警等业务应用以及社会公众服务。



多项地信成果荣获2020年度国家科学技术奖

11月3日，2020年度国家科学技术奖励大会在北京隆重举办。2020年度国家科学技术奖共评选出264个项目、10名科技专家和1个国际组织。其中，多项地理信息领域相关项目在大会中获奖。

由武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室李德仁院士主持完成的“天空地遥感数据高精度智能处理关键技术及应用”项目获国家科技进步一等奖；由武汉大学测绘学院闫利教授主持完成的“厘米级型谱化移动测量装备关键技术及规模化工程应用”项目、由自然资源部提名的“自然资源卫星光学遥感测绘关键技术及立体中国应用”项目、由王家耀院士为主要完成人的“智能化地图综合与多尺度级联更新关键技术及应用”项目、由中国人民解放军国防科技大学等为主要完成单位的“自主可控高性能地理信息系统关键技术及应用”项目获国家科技进步二等奖。



一批地信成果亮相国家“十三五”科技创新成就展

10月21日，国家“十三五”科技创新成就展在北京展览馆开展，集中展示“十三五”以来深入实施创新驱动发展战略、建设创新型国家所取得的重大科技成果，党和国家领导人分别参观展览。

本次展览以“创新驱动发展 迈向科技强国”为主题，共分重大专项、区域创新等12个展区，共设展项1740项，面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，重点展出了“十三五”期间我国取得的一批重大标志性科技成果。其中，北斗卫星导航系统、高分辨率对地观测系统等一批地理信息科技成果亮相国家科技重大专项展区，此外由中国测绘科学研究院、中科院精密测量研究院、中海达等单位联合主持完成的海洋大地测量基准装备及海洋导航技术成果亮相科技创新成就展，列席高新技术展区。



注册测绘师纳入《国家职业资格目录》准入类

11月23日，人力资源社会保障部公布2021年版《国家职业资格目录》，共计72项职业资格。其中，专业技术人员职业资格59项（含准入类33项、水平评价类26项），技能人员职业资格13项。注册测绘师资格类别为准入类。此前，在今年1月公布的“关于对《国家职业资格目录（专业技术人员职业资格）》进行公示的公告”中，“注册测绘师”曾拟调出《国家职业资格目录》。

目录中准入类职业资格关系公共利益或涉及国家安全、公共安全、人身健康、生命财产安全，均有法律法规或国务院决定作为依据；水平评价类职业资格具有较强的专业性和社会通用性，技术技能要求较高，行业管理和人才队伍建设需要。



全国首个自动驾驶出行服务商业化试点开放

11月25日，全国首个自动驾驶出行服务商业化试点在北京开放，这标志着国内自动驾驶领域从测试示范迈入商业化试点的新阶段。这对加快自动驾驶技术落地应用，改变未来出行方式具有重要意义。

据了解，首批获许开展商业化试点服务的企业，将在北京经开区内60平方公里的范围内，开展商业化试点服务。依据管理政策，在保障市场公平竞争原则的前提下，企业可采取市场化定价机制。需向乘客明确收费原则、支付方式等信息，方可开启收费服务。

专家介绍，当前自动驾驶行业已由技术验证、产品开发迈向商业化布局新阶段。开放自动驾驶商业化试点，为自动驾驶企业打通了从技术研发到商业化落地的完整闭环，也有助于企业加快迭代自动驾驶技术和运营模式的创新。



自然资源部推进新型基础测绘与实景三维中国建设

12月16日，为切实做好新型基础测绘和实景三维中国建设工作，服务经济社会发展和生态文明建设，自然资源部国土测绘司印发了新型基础测绘与实景三维中国建设的《名词解释》《基础地理实体分类、粒度及精度基本要求》《基础地理实体空间身份编码规则》《基础地理实体数据元数据》四份技术文件。

其中，《名词解释》对新型基础测绘与实景三维中国建设相关名词进行了规范。该文件明确，新型基础测绘是新时期面向基础测绘的新任务和新需求，在保持基础测绘公益性要求前提下，以重新定义基础测绘成果模式作为核心和切入点，带动技术体系、生产组织体系和政策标准体系全面升级转型的基础测绘体系。实景三维是对一定范围内人类生产、生活和生态空间进行真实、立体、时序化反映和表达的数字空间，是新型基础测绘的标准化产品，是国家重要的新型基础设施，为经济社会发展和各部门信息化提供统一的空间基底。



IBOAT BS3 智能无人测量船

- 全新一代，智能化、模块化、多功能
- 远程控制、支持5G或电台、多种传输
- 动力足、长续航、抗风浪
- 高清视频、小巧易携带、失联返航
- 可拆卸电池、模块化推进器、一体化遥控通讯系统

中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址：www.hi-marine.com.cn
热线：025-6668-3500



跨界融合，破局与新生

“跨界融合”一词，对于当下的空间信息产业来说，并不陌生。

在空间信息产业发展日趋饱和与成熟，以及正在由高速发展向高质量发展转变的大背景下，跨界融合成为空间信息产业转型升级的最优途径。

为此，在全行业的践行下，空间信息产业与其他行业和技术展开跨界融合，推动了行业的高质量发展。通过跨界融合，空间信息产业为国计民生多个领域赋能。

其中技术融合层面，基于摄影测量技术与计算机技术融合，深圳大学研发出优视摄影测量技术，解决了复杂空间场景条件下，高分辨率、高精细度实景三维数据采集的难题；基于北斗技术与BIM技术融合，德州至上饶国家高速公路合肥至枞阳段项目提高了项目信息化管理水平，而且保证了施工过程的低成本、高效率、高质量，将高速公路施工管理提升到新高度；基于数字孪生技术与大数据技术融合，顺德区建设了“智慧大脑”综合信息平台，由此打通了部门“信息孤岛”，实现了数据全面感知和精确分析，为城市管理部门提供城市驾驶舱式视角。同时通过绘制政府画像、企业画像、社区画像、人物画像，充分反映城市运行状态，助力政府全面提升治理和服务能力，实现面向企业和个人的精准服务，为城市高质量发展提供基础数据支撑。

行业跨界方面，机载激光雷达技术为电力行业的勘察设计、建设施工、运行维护等保驾护航。在勘察设计阶段，机载激光雷达技术通过快速获取高精度三维线路走廊地形地貌、线路设施设备，以及走廊地物的精确三维空间信息，为线路设计提供快速、可靠精确的数据支持；在建设施工阶段，机载激光雷达技术通过赋能数字化移交，为电力企业的输配电线路、设备的规划、设计、施工、维护、管理、调度、分析、决策全生命周期管理提供信息基础；在运行维护阶段，机载激光雷达技术通过对植被点云的周期性分析，可动态检测植被，模拟植被生长状态，从而优化线路维护计划；GIS技术应用流域管理，在评价水资源规划方案和进行复杂的水资源管理决策等方面发挥重要作用。

上述案例只是空间信息产业跨界融合的冰山一角。通过跨界融合，空间信息产业在国民经济和社会发展的很多领域发挥重要作用。未来，空间信息产业还会将跨界融合进行到底，届时又能碰撞出怎样的火花？我们拭目以待。





▲深圳大学党委书记、校长李清泉

李清泉

创新才能玩转跨界融合

□撰稿 / 罗嘉欣

“我们把管道检测胶囊用到深圳市1.7万公里的排水管道中做检测。这也不是传统测绘地理信息技术所涉及的领域。但我们就是要把测量的业态从传统中以地图或提供地图信息为主，进一步拓展到工程领域中的检测、监测。”深圳大学党委书记、校长李清泉说道。而事实上，这仅仅只是测绘地理信息技术用在“非测绘”领域的一个缩影。如北斗放牧、自动驾驶等新兴领域，测绘地理信息技术渗透到千行百业的新需求俯拾即是。面对当前测绘地理信息行业进入了一个泛在的新时代，传统测绘地理信息企业应如何迈出跨界融合的关键性一步？测绘地理信息技术生态应用的多元化将会带来哪些机遇和挑战？就此，李清泉做了全面解答。

跨界融合，新时代要再出发

当今社会，大众80%以上的生活都与地理空间信息相关，地理空间信息数据与其他信息数据的融合，会形成可用性更强、作用更大、价值更高的信息数据。随着测绘地理信息行业各细分领域的不断进步，以及以互联网技术为代表的信息技术的飞跃，按行业划分的产业聚集模式已逐渐被日益频繁和密集的跨领域碰撞所取代。多层次的跨界融合将带来全新的产业创新机遇，也为测绘地理信息行业的发展模式注入了新思路。

基于上述大形势下，李清泉认

为，当前中国基础设施的建设处于快速发展期，如公路、铁路、管道、大坝、桥梁等建设与运维，尽管并非传统测绘的范畴，但是又跟测绘有着密不可分的联系。作为数字经济的重要组成部分，地理信息产业在与其他领域和技术的融合方面拥有巨大潜力和空间，测绘地理信息行业相关应用和技术的跨界融合已是大势所趋，同时新涌现的需求也推动着测绘地理信息行业的创新发展。

一方面，测绘地理信息技术本身在进步发展。另一方面，越来越多非传统测绘的大公司比如华为、腾讯、大疆也纷纷入局测绘地理信息行业，测绘地理信息技术应用得更宽泛。这使得工作模式发生了改变——测绘地理信息、通信、互联网等产业链上形成了合作生态，并随之融合得越来越紧密。

除了技术的进步以及资本的入局，从技术及应用两个层面也能看到当前测绘地理信息行业翻天覆地的变化。李清泉认为，从技术层面而言，学科交叉融合带来了颠覆性创新。他表示，以前测绘地理信息类专业的学生毕业后大部分去了对口的测绘院、国土局或其他事业单位，而如今，越来越多的学生去了互联网公司等相关高科技企业。这也让李清泉万分感慨，在深圳大学，他时刻思考如何培养更多与其他专业结合的测绘地理信息类专业人才，去服务更广泛的领域。2018

年，李清泉把测绘地理信息类专业和计算机专业以及城市问题整合在一起，形成了一个新的专业——城市空间信息工程专业。“这个专业将传统测绘学科融入工城市计算机等专业知识，学生就业面更宽，毕业生可以去城市规划、物流、城市管理，甚至交通、环境等部门就业。”

为什么说跨学科的交融，能够带来技术的颠覆性突破？以深圳大学优视摄影测量技术的创新为例，李清泉带领其团队联合深圳大学计算机学院研究出了优视摄影测量技术，并由此提出了优化路径的算法。该技术的提出可以说是跨界融合的一个交叉典型，实现了在大范围城市复杂场景下自适应和包围式的数据采集，将实景三维采集数据分辨率从厘米级提高到毫米级，通过无人机集群协同施测、大幅成像，其效率较倾斜摄影提高了1/3。不仅如此，通过大众参与的数据采集，整理再分发，数据采集成本可降低50%。用李清泉的话来说，即“用有限的、最少的照片获取最好的效果。”而这种想法恰是测绘地理信息类专业与不同领域的碰撞衍生出来的。

从应用层面而言，测绘地理信息技术的应用领域已经从传统的测量地图、采集数据或者施工放样拓展到了更宽的领域，从农林牧渔到交通运输，从救灾减灾到城市治理……融合卫星导航和遥感技术以及大数据、云计算、人工智能等新技术，改变着人们的生产生活

方式，支撑起人们对美好生活的向往。在千行百业中，都藏着测绘地理信息技术影子。

作为长期从事动态精密测量的工程测量专家，李清泉身体力行，走在跨界融合浪潮的前头——带领团队发明研制系列专用测量装备，服务我国70%以上等级公路、数百城市道路以及机场、隧道、地铁、地下管网等领域状态测量。“除了公路、地下管网等检测，导航电子地图、自动驾驶当中运用到的目标识别、环境感知无一不是测绘地理信息行业的技术，但服务的都是‘非测绘’领域”，李清泉表示，“新的时代要重新思考，重新定位，需要适应社会的变化，将测绘地理信息行业从传统的数据获取、处理过渡到数据的服务、创新应用，以及新装备的研制和生产中。”

破局求变，迎接新蓝海

测绘地理信息技术与各行各业的跨界融合带来了无限机遇，但李清泉坦言，机遇的出现往往也伴随着挑战。“测绘地理信息行业是一个开放的行业，意味着竞争越来越激烈。”一方面，测绘地理信息行业不再是一个封闭的行业，变得开放、宽泛化。近些年来，大疆、腾讯、百度等大型互联网企业积极进军测绘地理信息行业，给测绘地理信息企业带来了不小的冲击，业务竞争压力骤增。此外，新技术的发展使得传统测绘装备竞争力进一步下降。另一方面，从今年召开的中

国地理信息大会了解到，我国测绘地理信息行业规模持续扩大，从业单位数量持续增长，新增市场主体不断扩大。截至2020年末，我国测绘地理信息行业从业单位数量超过13.8万家，截至2021年6月末，产业从业单位达15.2万家，同比增长19.6%，报告还指出，2020年末从业人数达336.6万人。不难发现，传统测绘地理信息行业人数一直在增加，再加上业务竞争愈发激烈，导致部分高端人才流失，行业的利润率不断下降。

李清泉还指出，原来的测绘地理信息行业主要做全站仪、水准仪等测绘装备类研制，一旦涉及到一些比较复杂的行业，单一的装备便无法满足要求，如遇到水利、公路、铁路等工程时，需要的都是新装备，且要求更高、专用性更强。李清泉再次举例说道，城市管网系统（给排水管网等）是城市基础设施的重要组成部分。对于已建设的管道，需要进行快速高效的管道检测，及时发现管道病害，进行管道维修整改，解决环境污染和城市安全问题。但城市管网具有里程长、结构复杂等特点，运用传统人工手段大范围检测成本高昂、进度缓慢。为此，李清泉与其团队研制管道检测胶囊，使用搭载视觉传感器的流体驱动胶囊检测排水管道病害，并针对大规模城市地下排水管网，提出了基于模拟退火算法的协同检测优化方法。该方法与非协同检测方案相比，能够让工作人员在

管道检测过程中充分协同配合，在完成管道检测任务的同时，最小化工作人员的工作时间和运动距离。管道检测胶囊目前已成功应用于东江供水、深圳市政污水/雨水管道病害检测等重大建设项目。

提到一个个案例时，李清泉反复强调“创新”二字。他认为测绘地理信息企业应大力发挥与行业应用紧密结合的优势，拓展新的领域，形成集成的解决方案，才是企业长足发展之道。同时，测绘地理信息企业还应跳出圈子，运用创新思维，才能催生出更多新的产品、新的服务和新的增长点。当前测绘地理信息成果和技术推广的力度、广度和深度远远不够，还存在束之高阁的现象，科技成果转化也偏低。李清泉希望业界大胆改革创新，找准测绘地理信息行业迎风飞扬的“风口”，抢抓先机、加快发展。“尽管当前测绘地理信息行业的跨界融合带来不少挑战，但同时也为加快产业提质增效和企业转型升级提供了强大外力。我们可以利用技术的融合做很多以前做不了的事。总体来说，跨界融合，还是机遇更多一些，只是看能不能抓住了、抓牢了。”

紧抓机遇，与时代同频共振

那么，测绘地理信息企业应当如何寻求突破？李清泉认为，测绘地理信息行业一直在向前发展，由小众变大众，行业发展了，进而竞

争也更激烈了。作为测绘地理信息从业人员，应主动适应新时代的变化，跟着新技术往前奔，积极融入到产业创新大潮中，否则只会被时代所淘汰。因此，李清泉提出了两方面的想法：一方面，测绘地理信息从业人员要解放思想，主动融入到各行各业去，将创新应用变成主导。“创新了，可能就是颠覆性的。像我们团队做高速公路、铁路、桥梁、隧道检测，城市排水管道检测等项目，用的是测绘地理信息技术，但解决的是其他行业的问题。把测绘地理信息技术和非传统的应用领域结合，这就是一种创新。”

要大力发挥与应用紧密结合的优势，找准需求所在。在目前的形势下，测绘地理信息从业人员不应再局限在“测量该干什么”的固有思维中，而是要敢于去接受挑战，把“测绘”用在“非测绘”领域。

另一方面，测绘地理信息类专业人才的培养要与时俱进。测绘地理信息类专业人才可能也学习一些计算机、电子信息等课程，但是只能满足部分要求，因此学科的专业课程设置要有交叉学科的意识。同时培养学生的自主创新思维，让测绘地理信息类专业的学生从根本上转变思维——测绘地理信息行业是自己的专业知识领域，但自然资源、交通、环境、城市等行业，以及地理信息、智慧城市等互联网高科技企业也是可以涉足的。除了培养创新思维，企业与高校科研的协



▲李清泉团队研制的管道检测胶囊作业示意图

同创新与交流合作也应重视起来。测绘地理信息企业应联合高校成立实验室，提供应用场景，积极探索，不断创新人才培养模式、加强产教融合，大力培养专业高级复合型人才，产出更多重大科研成果。“以前高校比较注重理论基础和技术技能，现在要向理论基础、技术、技能和创新能力并重的角度去转变。”李清泉说道。

谈及跨界融合后，测绘地理信息行业将走向何方，李清泉充满了信心。“有些行业看上去应用面窄，但实际商机无限。以深圳1.7万公里下水道检测为例，检测1公里费用1万多元，而全国有70万公里城市下水道检测，国家要求三年检测一遍，这其中有无限想象空间”，李清泉补充道，“像我们团队在大坝管道安全监测领域、深空探测、应急安全、地铁和建筑物沉降监测、文物修复等领域也有不少成果。”例如在卫星下不来、飞机上不去的

高空（20～100公里）领域，李清泉正在研究的浮空器驻留平台，该技术可应用于大型工程监测、海岸带环境监测等场景。“这样的应用真的太多太多，在自动驾驶、移动对象管理、文化遗产保护等领域，测绘地理信息技术完全可以拓展到不同的应用场景，最大化地发挥其作用。我们应该从中看到测绘地理信息技术的优势，去不断发掘新需求。因为在大形势下，我们有技术优势，并且不缺机会。”李清泉说道。

未来，测绘地理信息行业应该充分发挥产业影响力和技术领先的优势，为各行各业提供高质量的空间信息服务，而非局限于数据采集。李清泉相信，当越来越多测绘地理信息企业迈出跨界融合的步伐，测绘地理信息行业势必会不断扩大社会影响力，吸引更多资源的投入，随后再通过资源反哺让优秀人才不断涌进来，让测绘地理信息行业源源不断地焕发生机与活力。📍



▲武汉大学卫星导航定位技术研究中心主任姜卫平教授

姜卫平

北斗跨界融合，让万物更互联

□撰稿 / 孙蓓

今年10月30日，卫星导航技术应用迎来了突破时刻。

这一天，我国第一套冰川实时监测系统在玉龙雪山投入使用。该系统集数据采集、传输、解析、入库和发布于一体，实时性高，显著地减轻了高海拔冰川人工监测的工作强度及潜在风险。

一时间，我国冰川研究领域备受鼓舞。与此同时，我国北斗卫星导航系统领域也振奋不已。因为首套冰川实时监测系统是由GNSS（全球卫星导航系统）、激光测距、相机、气象、冰温、地震仪等监测模块组成。其中，根据GNSS实时监测的冰流速数据，监测人员就能判别冰川运动状况

及潜在的冰川跃动现象。

冰川监测应用场景再一次拓宽了卫星导航技术应用范围。自我国建设北斗卫星导航系统以来，以北斗为代表的卫星导航技术逐渐融入到生产生活的方方面面，在交通运输、农业渔业、减灾救灾等领域得到了广泛应用。

如今，在万物互联驱动下，北斗通过与人工智能、大数据、云计算、5G通信等新技术的跨界融合，其应用范围从卫星导航定位延伸到了工业互联网、物联网、车联网等新兴应用领域。“应该说，在万物互联时代，北斗的应用只受限于想象力。通过应用，北斗能让万物更互联。”武汉大学卫星导航定位技术研究中心主任姜卫平教授在接受《定位》杂志专访时说道。

数字化加速跨界融合

与人类活动息息相关的信息，简单概述就是“到哪里去”“什么时间走”“干什么事儿”这三个问题，而这三个问题离不开时间和位置，因此卫星导航技术被应用到各个领域，而它的跨界融合对人们的科技方式和生活方式带来了深刻的变革。

2020年7月31号北斗三号系统正式为全球提供服务，这对北斗来说是一个非常重要的里程碑事件。在此背景下，姜卫平认为北斗的跨界融合是当前智能化时代基础性、颠覆性的技术，其服务功能是为全球提供精准时空信息。在此之前，北斗的服务功能经历了两个演变：最初的功能是提供区域高精度定位与授时服务，随后功能进化为为大众提供高精度位置服务。

北斗服务功能的演变，是社会需求驱动的结果。而北斗提供精准时空服务则为数字化建设所驱动。

目前全世界都在发展数字化，数字经济、数字社会、数字政府是数字化发展的重要组成部分，三者互为支撑，彼此渗透，相互交融。那么，时空信息跟数字化有什么关系？姜卫平回答道：“任何实体目标或事件都具有空间、时间和专题三大特征。时空信息就是描述目标或事件三大特征的信息，反映了地理实体或目标状态和变化过程的空间位置及其自然社会属性。”基于此，可以提出“时空信息是数字化发展的新事物、新思维、新技术”这一概念。

对于这个新概念，姜卫平给出了详细的解释：时空信息是数字化发展的新思维。目标或事件的数字化描述、分析、决策是数字化发展的基础，时空信息是在统一的时间和空间基准下描述目标或事件存在状态与变化过程的时序数据。

时空信息是数字化发展的新资源。数据正逐渐成为驱动经济社会发展的关键生产要素和新引擎，时空信息是驱动实时化、知识化信息服务和信息产业蓬勃发展的基础和资源。

时空信息是数字化发展的新技术。“时空信息+”，同“互联网+”“大数据+”“人工智能+”等，成为“物联、数联、智联”数字科技的重要组成。时空信息是实现精确控制、精准分析的基础和方法，例如位置信息被列为“工业4.0”的基础。

今年9月16日，国家主席习近

平向首届北斗规模应用国际峰会致贺信时指出，“当前，全球数字化发展日益加快，时空信息、定位导航服务成为重要的新型基础设施。”这意味着北斗对国计民生、社会经济发展非常重要，这也是驱动北斗跨界融合的重要因素。同时当前数字经济和智慧社会发展建设都需要时空信息来做支撑，这也进一步推动了北斗与各行各业进行跨界融合。

“就智慧城市建设来说，我认为有四大基础设施，通信网络、大数据分析、传感器网络和时空信息。倘若要预警防控，没有时空信息又怎么智能化防控？所以现在要跟踪所有人、所有事物的目标轨迹。但是光有轨迹还不行，还需要时间信息。比如你从广州到武汉，若是2018年来的，那没关系，因为那年没有疫情。若是2019年发生疫情后来的武汉，那就要打上时间标志，这个时间标志就会传达更多的信息，这些时空信息才能更好地实现智能化。”姜卫平举例道。

多维度融合，产生“化学反应”

“刘经南院士在2018年就明确提出了北斗的跨界融合。”姜卫平说道。在刘院士看来，北斗的跨界融合可以按北斗“+”服务、“+”功能、“+”产业、“+”技术四个维度进行归纳。

首先，“+”服务。北斗与传统的服务业等行业深度融合，创造出基于时空位置的新业态、新业态，

如电子商务物流、移动互联网金融、移动在线共享娱乐、移动在线共享教育、共享交通等。

其次，“+”功能。北斗+物联网/输电网，不仅是传统意义上的信息网络，更是一个集物质、能量和信息互相交融的泛在网，所传递的不仅仅是传统意义上的信息，还包括人类需求相关的物质和能量的传输信息。人类活动的实体空间与虚拟的网络空间要实现融合。

再次，“+”产业。北斗为制造业向无场所经济转型提供时空位置服务，可以从设计生产销售到售后服务，以及产品的远程感知运控的全流通，对传统产业进行空间共享和时间分享，传统产业则可无需固定场所支撑。

最后，“+”技术，就是北斗与传感器、多种无线通讯，微机电及其他定位方式等技术集成融合，室内室外多传感器融合，为各行各业和物联网提供泛在智能的时空位置服务。

围绕以上四个维度，姜卫平带领的武汉大学卫星导航定位技术研究中心开展了很多工作，并取得了成效，尤其是在“+”技术和“+”功能方面。

在“+”技术方面，武汉大学卫星导航定位技术研究中心跟中国移动成立了5G北斗精准定位联合创新实验室，共同在5G北斗高精定位技术测试及应用、智慧校区、远程教育、智慧医疗等领域开展创新性研



▲南方电网建设北斗基准增强系统，用于无人机自主巡线和地质灾害监测

究。在“+”功能方面，武汉大学卫星导航定位技术研究中心与国家电网合作，共同推动北斗在国家电网的应用；与中国移动合作，共同推进高精度卫星定位基准站建设，并助推北斗跳出测绘行业应用的范围，向通信、水利、交通、电力、气象等多个行业延展。姜卫平以气象行业为例，传统观测气象的做法是放气球。此方法最大的问题难以做到实时、连续的数据采集，主要在于探空气球施放采样需要隔一段时间（如一日三放），这会导致天气预报无法做到精准。“利用北斗

高精度基准站可实现连续地、实时地监测对流层，然后根据经验公式来做气压、气温、时度等反演分析，最后通过水汽含量变化来服务于灾害天气预报，使预报更精准。”

同时，姜卫平强调，几乎所有的行业都要用到位置和时间，因此各行各业都离不开北斗。尤其是当数字化经济发展越深入，北斗的跨界融合就会越广泛。“比方说电力行业，气候对电力期货市场有直接影响，若干旱或者高温，用电量就大，那么电力期货价格就会上涨。而对气候、气温及其持续时间等因



▲四川九寨沟景区布设 GNSS 地质灾害监测设备

素的预判，我们可以通过北斗高精度基准站与气候、气象结合研究，这不就是经济吗？以后这样深入应用的例子还会更多。”姜卫平举例说道。

推动北斗在各行各业的应用，是武汉大学卫星导航定位技术研究中心的新使命。作为不仅是国家卫星定位系统工程技术研究中心，也是国际公认的国际全球卫星导航系统服务组织（IGS）三大数据与分析中心之一，同时还是国家科技部指定的导航与位置服务全国科技服务业行业试点单位，全球连续监测评

估系统（IGMAS）分析中心和北斗数据与分析中心的武汉大学卫星导航定位技术研究中心，在成立之时的使命是解决卫星导航定位技术难题。“目前我们中心在致力于把卫星导航定位技术的成果转化，涉及芯片、硬件、软件、应用等方面，从产业的上中下游全方位推动包括北斗在内的卫星导航技术应用。”

万物互联激发挑战和机会

在姜卫平看来，驱动北斗的跨界融合还有一个重要因素就是万物互联。“在万物互联的概念中，首

先是物与物相连，然后物与人相连，再人与人相连，最后是人与物相连。人也好，物也好，最后都成为了一个目标，通过时空信息去告诉大家怎么用。举个例子，如果人与车都进入了交通管理系统，每人都能同时收到相关信息就可以想办法避免堵车。据我们研究，同一段路，若这样管理能提高20%~30%效率。”姜卫平解释道。

在万物互联到来之前，北斗的跨界融合面临着四大挑战。

一是技术层面的挑战，解决在没有信号或卫星条件受限的情况下

北斗高精度时空信息的获取难题。北斗定位精度通常在10米到5米之间，其更高的精度主要通过地基增强系统或星基增强系统来实现。“然而有些地方不适合建地基增强系统，又或是在有少量的地基增强系统的情况下，特别是在没有信号的情况下，怎么获取高精度时空信息，这是需要从技术上进行解决的。”

二是应用层面的挑战。“要把北斗应用到人们的生活中，这会涉及到成本控制问题。因此如何在低成本、低功耗的北斗接收机上实现厘米级甚至毫米级高精度服务，这是需要解决的问题。因为低成本的北斗接收机噪声大、定位精度差。因此我们需要通过硬件和软件技术，把噪声去掉来提高精度，这将会是一个挑战。”姜卫平说。

三是思想认识层面的挑战。随着北斗在各行各业得到应用，很容易在一些人的心中树立“万能”的意识，但这不利于北斗的应用推广。姜卫平以北斗变形监测应用为例，目前变形监测主要分两大类，一类是土木工程监测，如大桥、大坝、高层建筑物等监测；另一类是地面沉降、滑坡等自然灾害监测，这种监测要求精度高，很多需要毫米级的监测精度。“北斗要做到几个毫米甚至一个毫米是非常困难的，但如果问北斗能不能做？答案是能！”姜卫平指出，北斗要做到毫米级监测必须有三个前提条件：非常好的硬件设备、非常好的软件

技术、非常好的工程化。“如果随便便拿个设备和技术去做，只会断送北斗在变形监测领域的应用前途。所以跨界融合时，我们要本着实事求是的精神去推动北斗应用。”

四是政策层面的挑战。由于时空信息涉及国家安全，因此国家采取了较严的时空信息管理政策。随着自动驾驶行业的发展，呼吁出台更宽松的时空信息政策的声音变得强烈，因为自动驾驶需要北斗提供高精度的时空信息来引路。“如果时空信息全部保密，就会限制自动驾驶等行业的发展；如果时空信息不保密，又会侵犯隐私，甚至危及国家安全，那么要如何制定相应的政策法规，这个很重要，也具有很大挑战。”姜卫平认为，四大挑战一旦解决，北斗未来的跨界融合应用范围会更加广阔。

如果说万物互联是北斗跨界融合的应用愿景，那么人才是实现这一愿景的加速器。因此，做好人才培养尤为重要。

对此，姜卫平对卫星导航定位学科的人才培养有自己的想法。“我觉得学科要朝两个方面发展，一个是基础性方向，另一个是交叉方向。毕竟位置服务不仅仅需要测绘技术，也需要通信、计算机、人工智能等技术。”为此，他认为卫星导航定位学科的人才培养一方面要加强测绘技术教育，另一方面要培养交叉型人才，这样才能实现更有效、更科学、更先进的时空信息服务，

才能把技术推广或者跨界到各行各业去。值得一提的是，为了培养好人才，武汉大学卫星导航定位技术研究中心设立了时空基准、北斗导航、位置服务、导航物联网和多源智能导航五个研究所。“其中时空基准和北斗导航偏重本学科，位置服务偏重学科交叉范畴，导航物联网和多源智能导航则属于学科完全交叉范畴。我们中心之所以这么设置，其中一个目的就是为了培养更多能满足万物互联需求的人才。”

尽管当前卫星导航定位为二级学科（隶属于控制科学与工程、测绘科学与技术两门一级学科），但姜卫平相信，在北斗跨界融合的推动下，导航定位有机会发展成为一级学科，与测绘科学与技术、遥感科学与技术形成三足鼎立的局面。“一级学科会更有利于导航定位学科的人才培养，只有培养出好的人才，万物互联才能更好、更快地实现。”

在展望北斗跨界融合的未来前景时，姜卫平认为，在数字化建设和万物互联的驱动下，北斗的跨界融合会更加深入到社会的方方面面中，让人们的生活更便捷、更美好。📍



Qpad X8 北斗高精度移动平台

精准时空，随需而至

中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址：<http://www.mtxy.shop>
热线：15913192324





▲国际欧亚科学院院士、广州大学地理科学与遥感学院张新长教授

张新长

跨界融合让测绘变成大众科技

□撰稿 / 何溪

今年11月25日，北京市开放国内首个自动驾驶出行服务商业化试点，百度、小马智行两家企业成为首批试点服务提供者，它们将在经开区60平方公里范围，投入不超过100辆自动驾驶车辆开展商业化试点服务，这标志着国内自动驾驶领域从测试示范迈入商业化试点探索新阶段。作为改变人们出行方式的自动驾驶，是测绘、人工智能、物联网、5G、汽车等科技跨界融合的产物。在这些科技中，测绘科技是自动驾驶落地的关键驱动力。这是因为车辆要实现自动驾驶，就必须实

时地感知其在哪里、周边有什么。这些都离不开基于测绘科技的高精度地图和移动测量的支撑。

自动驾驶只是测绘科技跨界融合的一个缩影。近年来，测绘科技积极寻求“跳出去”，与大数据、人工智能、物联网等技术和行业融合，让自身价值造福更多行业。这正如国际欧亚科学院院士、广州大学地理科学与遥感学院张新长教授所说，跨界融合后的测绘科技既可为“王谢堂前燕”，又能“飞入寻常百姓家”，是人人都有机会参与尝试的科技。

社会经济效益需求驱动跨界融合

张新长认为，驱动测绘科技跨界融合的因素有很多，其中社会经济效益的需求是主要因素。而这些需求是物联网、5G移动互联、人工智能、遥感技术、定位技术等技术发展带来的。“特别是物联网、5G移动互联、人工智能与测绘科技相融合后将测绘行业带入了一个全新的时代。”他表示，在跨界融合后的新时代里，传统测绘科技的数据采集、数据存储、数据处理与数据显示的方式都会被改变。

“物联网技术已经初步展现了

万物互联的势头，其每个传感器节点都可以对现实世界进行测量，并将通过5G/6G移动互联将采集的信息存储于数字世界中。人工智能技术则可以对测绘数据进行智能化处理，再通过5G/6G移动互联将信息反馈到物联网中，让传感器开始下一阶段的测绘信息采集。”张新长进一步阐述道，“以自动驾驶为例，它是为了满足提升经济效益的需求，一方面让人们出行更为经济，另一方面让物流运输更为高效、交通出行更有保障。”他表示，自动驾驶能够成为现实则是因为以下技术达到了一个新的阶段：传感器（如摄像头、雷达和激光雷达等高精度测量仪器是物联网的一部分）、人工智能（计算机视觉道路识别）、5G/6G移动互联（实时路况信息反馈与路径规划与决策）。

此外，他还指出，在跨界融合后的新时代里，测绘科技还有两大变化。一是角色定位可大可小。“测绘科技既可以是细小的测绘仪器，通过分布在世界各个角落采集所需的信息，也可以是由细小的测绘仪器组成的一张可大可小的测绘网络，为各行业提供测绘服务。”二是应用可专业复杂，亦可简单易用。以无人机测绘为例，当前无人机测绘既可以由专业人员用来从事专业的摄影测量工作，也可以由普通民众用来拍摄祖国的大好河山。

与时俱进方能抓住机遇

在与其他科技和领域玩转跨界融合的过程中，测绘科技同样也面

临着重要的发展机遇。当前随着科技的发展，社会正在朝着万物互联时代迈进。在此背景下，人与事物都有可能成为测绘网络的传感器节点，呈现“人人”测绘，“物物”测绘的局面。“那么，这意味着测绘科技的变革就极有可能是社会发展的下一个风口，在某些方面它就会引领时代的发展，带领人们进入到一个全新的世界。”张新长说。

在机遇的驱动下，测绘科技加快了跨界融合的步伐，新业态新产业也随之不断涌现，其中自动驾驶就是新业态新产业的代表。“总之无论测绘科技与哪些科技融合后所产生的新业态新产业，也无外乎从数据的采集方式、存储方式、处理方式、展示方式改变测绘行业。”张新长强调道。反过来，这些新业态新产业又会在数据生产、人才培养、科学研究等方面为测绘科技带来新的需求与发展机遇。那么，测绘行业该如何应对？对此，张新长的答案就是：与时俱进，求新发展。

其中，在学术研究方面，科研单位不仅要研发更先进的传感器、测绘机器人、新型的测绘自动三维建模技术等，而且还要研究海量大数据的存储、检索与挖掘技术以及人工智能等技术；在人才培养方面，高校要注重学科交叉，培养测绘技术与其他领域知识储备的复合型人才；在企业方面，测绘企业需要创新产品，例如研发新型专业的传感器、快速处理测绘信息的商业软件模块、数据储存与检索产品等。“测绘企业创新的产品要么有自己的特色，且能引领行业发

展，要么是测绘行业不可或缺的‘螺丝钉’。否则测绘企业就很容易被高新科技公司所颠覆。”张新长说。

做好思想与技术准备应对挑战

任何事物都有两面性，万物互联时代也不例外。万物互联时代带给测绘科技机遇的同时，也给其带来挑战。

“当我们处于万物互联时代，测绘随时随刻，无处不在，那么个人隐私、国家安全等如何保障就是挑战”，张新长说，“同时测绘科技在跨界融合后获得更多的是不规则的、无序的、碎片化的信息，且数据量非常巨大，数据快速处理、分析、挖掘也是挑战。”

对此，他建议：“我们需要从顶层设计到具体的法律法规出台，再到产品技术创新，都做好相应的思想和技术准备，这样测绘科技就能无惧挑战和变化。”尽管有挑战，但张新长用“超乎想象”来形容测绘科技未来的发展前景。“就像上世纪八九十年代，用大哥大打电话已经是非常先进了，谁能想到现在至少人手一部智能手机。未来要是真的出现‘人人’测绘，‘物物’测绘，每个人都会成为万物相连的一部分，且虚拟的数字世界与真实的世界实现真正的连接与脉动，逐步形成‘命运共同体’，那时测绘科技的应用将是不可想象的。”他最后展望道。



▲中国地质大学（武汉）国家地理信息系统工程技术研究中心主任、地理与信息工程学院副院长陈能成教授

陈能成

可感可知可预测，GIS未来无限可能

□撰稿 / 李善清

当今世界呈万物互联、互融之势，跨界能碰撞出别样火花，融合能结出丰硕果实，GIS（地理信息系统）技术与其他行业和技术的跨界融合也一样。

近日，中海达《定位》杂志记者独家采访中国地质大学（武汉）国家地理信息系统工程技术研究中

心（下称GIS工程中心）主任、地理与信息工程学院副院长陈能成教授，探讨GIS技术跨界融合后的别样精彩。

内外因促进跨界融合

在陈能成看来，驱动GIS技术跨界融合有内外因素。

内因方面，首先，GIS系统的体系架构发生了较大变化。从最早的大型机到现在的服务式GIS，近50年来GIS系统的体系架构和计算模式一直在发生变化。目前，一般大型GIS都会采用服务式，而这个架构意味着GIS被更多的人使用，管理者可以随时随地进行管理，用户可以随时

随地进行使用。同时在硬件方面，GIS系统从部署在计算机上向着部署在有计算单元的终端上演化。GIS技术与系统的这些大变化，促使其更需要融合。其次，GIS技术的数据类型发生变化。各种各样的传感器为GIS技术带来源源不断的数据，除了传统的数字线画图、数字影像、三维地图，还有数字高程模型等数据，这些数据要求GIS技术不断提升自身能力，而借助计算机等技术来提升是其有效途径之一。最后，GIS技术的管理对象发生变化。此前，GIS技术管理的更多是山水林田湖，但随着社会经济、人文空间的历史变迁，致使GIS技术的管理对象从原来的自然变为自然社会人文交融，这些变化也要求GIS技术跨界融合。

外因方面，陈能成认为同样有三个原因。首先，需求发生变化。“我们中国地质大学（武汉）提出，培养的学生要能够上天、入地、下海，为什么？因为GIS技术服务的对象，已经从地球表面到深地、深海、深空，它的时间跨度和空间维度都发生了变化，这就对GIS系统的升级或者功能提出了新的需求。”其次，社会对GIS的要求在发生变化。“在现在数字经济环境下，GIS系统仅仅生产一个地图是不够的，还需要能承载人、事、物的位置信息，用于数字孪生、城市、流域、海洋、星球的数字底座的构建；同时，从数字地球到未来的智慧地球，GIS技术也被寄予厚望能够很好地进行数据管理、信息分析、知识挖掘，做好时空操作系

统；此外，伴随着灾害、环境、安全、健康等事件的频发，GIS技术还被寄予能够基于海量的历史数据和实时的大数据，充当模拟预测器的厚望。最后，GIS服务模式发生变化。“GIS服务不再单纯是集中式的服务，而是泛在的服务。”陈能成进一步表示，基于内外因素，GIS技术在跨界融合这一大趋势下，只有主动去融合其他技术和行业，才能跟上时代发展的步伐。

担当“多面手”，赋能多领域

在今年2021中国地理信息产业大会上，中国地理信息产业协会会长李维森在《中国地理信息产业发展报告（2021）》报告中指出，GIS技术日益成为主流的IT解决方案。而早在1997年，陈能成师从龚健雅院士攻读硕士时，便已经开始思考、探索GIS技术如何与IT技术结合，“当时我们用计算机语言中比较新的面向对象的Java语言，提出了分布式超地图对象组织模型，从底层做起，做了一个GIS基础软件吉奥之星的网络版本GeoSurf，广泛用于军民地理信息服务系统构建。”待时间来到2006年，陈能成在美国乔治梅森大学与狄黎平教授合作从事卫星传感器网络与GIS系统的结合，开始了GIS技术与“更大的互联网”——物联网的跨界探讨。“物联网其实本质上也是一种互联网，我认为当下GIS技术和IT技术的跨界融合重点之一，就是与物联网的结合。比如说我们现在做的GIS设备，如果你将它当作一个终端的话，会

比较有局限性。但若你将它当作一个在线采集器，那它就可以被部署到整个城市的任意网络。”

此外，陈能成指出，GIS技术还能与人工智能、虚拟现实及城市管理等进行跨界融合。国家科技部《科技创新2030—“新一代人工智能”》重大专项布局了“大数据智能、跨媒体智能、群体智能、混合增强智能和自主智能系统”五个方向。“最近我们召开了以‘人机融合智能与城市感知’为题的线上研讨会，最让我感慨的是，当时线上参与人员就高达26万，人工智能的热度可见一斑。目前空间智能也非常火热，但更多是AI+空间智能，也就是说更偏向专用的人工智能，而GIS技术在通用人工智能这一块，目前研究还是相对欠缺，挑战也比较大，但如能做好的话，GIS技术非常有应用前景。”

在谈到GIS技术和虚拟现实的跨界融合时，陈能成表示这对组合也越来越受重视，例如自然资源部出台了实景三维中国“两步走”建设规划，中国信息通信研究院出版了《数字孪生城市白皮书》，Facebook更名押注“元宇宙”。“GIS技术一直在处理怎么把真实世界刻画到数字信息的虚实融合，但数字孪生和‘元宇宙’不仅仅是虚拟的，正朝着精准映射、虚实交互、全时空谱、软件定义、智能干预的方向发展，这里有非常大的发展空间。”

“其实GIS技术在城市管理及流域管理方面，也做了非常多的跨界融合工作。”他进一步以城市管理



▲防汛部门利用地理信息系统进行洪水演进模拟

为例讲道，“城市几乎各个业务部门都会涉及GIS技术，比如数字城市的‘政务版’和‘公众版’开发也用到了GIS技术，再比如地信企业与中兴、华为、阿里等IT企业合作开发数字底座，以上都是在城市管理层面上GIS技术已经开展跨界融合的例子。”而在流域管理应用方面，GIS技术在评价水资源规划方案和进行复杂的水资源管理决策等方面发挥重要作用。

为此，陈能成强调道，“地理信息产业已经融入到国计民生的各行各业中，只要你能想到的，基本上都用到了，尤其是跟时间、空间、位置相关的领域。GIS技术如果能在自身优势之上，深度与各行业的应用模型及特色相结合，形成跨界融合的核心竞争力，它就能持续

保持旺盛的生命力，以获得更好的发展前景。”

GIS工程中心发挥源动力

GIS技术丰富多彩的应用，背后也有GIS工程中心的贡献。

成立八年多来，作为我国GIS关键技术研发、技术成果转化、产品应用推广、产业示范的重要基地，GIS工程中心在GIS技术跨界融合方面的成绩主要包括发展了地理空间传感网GeoSensor、研制出具备云特性GIS软件平台MapGIS、打造了“VR+GIS”的数字孪生地球原型系统原型。

在地理空间传感网方面，陈能成领导的“对地观测传感网与智慧城市”科技部重点领域创新团队从2006年开始该方向研究，团队

认为地理空间传感网不仅仅是一个传感器网络，也是一个观测系统的系统，更是综合观测的时空信息服务系统。他进一步举例说明：“比如团队研制的地理空间传感网平台GeoSensor，我们可以在该平台中将卫星、无人机、地面站点连成一个虚实融合的网络，在网络里面有哪些资源、哪些观测可以规划控制都能一目了然地知晓，进而更好地开展协同。”

在GIS软件平台方面，MapGIS软件使用独创的T-C-V（终端应用-云计算-虚拟设备）三层软件结构，悬浮式柔性架构、微内核群、松耦合接口和功能与数据分离等创新技术，使它真正具备自然云的“纵生、飘移、聚合、重构”等“云”软件特性，并具有按量可伸缩性利

用资源、按需个性化定制、在线租赁服务等特点，全面改变了传统GIS开发和应用模式，在云GIS体系架构、软件开发模式、服务模式和应用模式、重构GIS软件生产生态链等方面取得了重大突破。

在数字孪生地球系统原型方面，该原型在虚拟地球可视化平台的基础上，结合物联网、虚拟现实和游戏引擎等技术，构建的含地球环境多尺度感知、地球陆表事件可视化仿真及未来情景综合模拟预测等功能的数字孪生系统，可以在该系统中进行典型事件的发生、发展演变及过程分析。“我们未来将围绕该系统在城市、流域、深空、深地、深海等领域开展应用，从基础性、前沿性、关键性等方面去做深海、深空、深地等领域的延伸结合。但数字孪生的城市、流域还是我们的主战场，也是GIS技术发挥作用最大的地方。”陈能成说。

研究无止境，陈能成希望GIS工程中心未来能更加注重GIS关键技术、前沿技术的攻关工作，如通过搭建科研基础设施、软硬件平台，继续促进GIS技术与物联网、人工智能、混合现实等技术跨界融合的研究。

三“新”拓宽新边界

在陈能成看来，GIS技术在跨界融合时，整体呈现出三个“新”的特点。

一是新地图。在当前物联网时代，所有的信息都在时刻变化，地图从二维地图变成了“活”地图。目前“活”地图主要形式为高精度

导航地图，可以满足机器人、导航、无人车的导航需求。“未来在万物互联时代，‘活’地图的形式更加多样，比如会有内容非常丰富，可用于决策的高清实况地图，也有实时反映变化和支持实时交流的动态实时地图。”他进一步阐述道。

二是新系统。通过跨界融合，GIS技术演变成一个“云边端”协同的系统。其中“端”可以进行在线实时采集，“边”可以做边缘智能分析，“云”可以汇集资源提供泛在服务。“这种系统的弹性更大，你可以只采用‘云’的服务，也可以只用‘端’的数据，又或协同使用，这样既能分离又能协同。”

三是新服务。随着需求的变化，GIS技术服务的对象从服务政府和企业，转变为服务人、事、物。“GIS技术通过服务于老百姓，服务于城市里的每一个事件，服务于现实世界中的每一个物体，其服务的边界得到了拓宽。”

通过对跨界融合的不断探索，陈能成发现GIS技术的跨界融合之路并非坦途，其主要面临着软硬件结合和GIS知识服务两个方面的挑战。在软硬件结合挑战方面，他表示GIS技术的产业链可分为上中下游，目前中游的基础软件做得比较好，下游的应用也百花齐放，但上游的装备却似乎与GIS企业没有关系。“GIS企业可主动与上游装备厂商进行合作，如何集成软硬件，这将是GIS企业面临的一道难题。”在GIS知识服务挑战方面，随着越来越多的用户关心知识服务，目前GIS企业做知识服务

的几乎没有，更多是提供原始的数据服务、功能软件。“从0到1，挑战巨大，但值得GIS企业去尝试。”

虽然有挑战，但陈能成对GIS技术未来的发展前景充满期待。“毕竟现在是需求推着GIS技术往前发展，无论是当下的新基建建设，还是未来的‘元宇宙’建设，都需要GIS技术。”

为了更好地满足实际需求，他认为GIS技术未来需要变成一个可感、可思维、可预测的智能体。“可感是指GIS技术通过融合物联网技术去感知现实世界；可思维是指GIS技术通过融合认知科学、脑科学，使其拥有时空思维能力，实现可自主思考；可预测是指GIS技术基于专业模型进行诸如宏观极端灾害天气、中观城市出行交通拥堵、微观人机交互情景等预测，辅助人们决策。”他解释道。

蓝图已绘，GIS从业者要做的就是勇于“出圈”，与更多的行业和技术展开跨界融合，为自己赢取更广阔的未来。“虽然跨界融合有时会失败，但只要敢去尝试，GIS的未来就拥有无限可能。”陈能成如是说。📍



▲顺德区局部城市景观

智慧城市

数字孪生+大数据造顺德“智慧大脑”

□撰稿 / 何溪

一座“会思考的城市”是怎样的？5分钟办好营业执照，3分钟完成港澳通行证再次签注；道路路口实行一键式远程控制，可以全线绿灯通行；监控视频全覆盖，可以人脸和车脸识别，防范违法犯罪发生；应急集中办公，可视化的视频监控，可以在最短时间内调度全区

资源……这些场景正在佛山市顺德区成为现实。

“智慧大脑”赋能“智慧顺德”

作为国家最早一批智慧城市试点之一，顺德区在2017年11月启动了智慧顺德一期项目建设。通过建设“一平台（综合信息平台）、

两中心（云计算中心、综合指挥中心）、三特色应用（基层社会治理网格化、智慧交通、视频监控云平台）”，顺德区实现了城市现代化治理、提升了民众幸福感、兴旺了城市产业，把城市打造成一座“会思考的城市”。如果把“会思考”的顺德区比作一个人的身体，那么

承担数据资产管理及可视化平台的综合信息平台则定位为城市“大脑”，其重要性不言而喻。

综合信息平台按照“1+1+3+8”的总体架构，建设一个智慧政务平台；一张386平方公里的仿真三维地图；三个基础平台（数据仓库平台、可视化基础平台、数据服务与运行支撑平台）；以及八个主题数据集市（全景顺德、政务服务、大网格化、交通、医疗、应急、投资顺德、疫情防控）。

在“智慧大脑”综合信息平台的赋能下，顺德区不仅打通了部门“信息孤岛”，实现了数据全面感知和精确分析，为城市管理部门提供城市驾驶舱式视角。同时通过绘制政府画像、企业画像、社区画像、人物画像，充分反映城市运行状态，助力政府全面提升治理和服务能力，实现面向企业和个人的精准服务，为城市高质量发展提供基础数据支撑。

具体而言，建成的智慧政务平台，不仅实现了全区423项1.2亿条政务信息资源的汇聚和整合，而且通过“智慧政务一窗”平台和“指尖办”平台可办理全区各类行政审批事项1319项和601项，实现了全程在线服务、零跑腿办证办事，真正让“数据多跑路，市民少跑腿”。以行政审批事项为例，增加了超过200项“不见面审批服务”、打通了8个垂直部门系统、压缩了50%的事项办理时间。

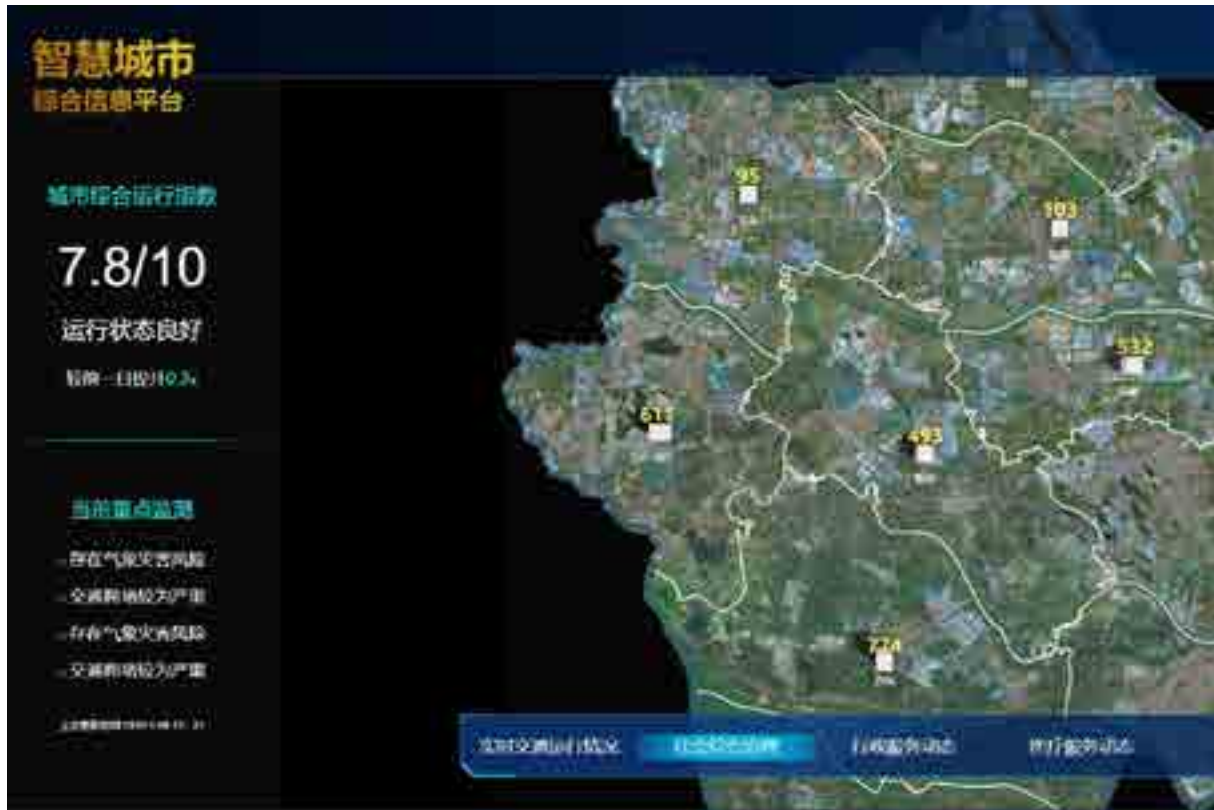
建成的仿真三维地图，填补了

顺德区地理信息的空白，为顺德区科学决策提供超强支撑；建成的三个基础平台，让政务数据从“能说话”到“能对话”。以可视化基础平台为例，基于可视化设计工具与分析工具，顺德区政府部门的工作人员根据业务经验，进行自主的业务探索，并根据行政区划、时间颗粒进行钻取，为地图和图表设定交互。这样一来，工作人员能够讲述自己的业务，并完成从数据到知识的转变。

建成的八个主题数据集市，通过采用数据结合地图辅以视频的方式和多维度的主题设计，实现了顺德区城市体征的一屏总览，以及多维度呈现了顺德区在农村、城管、村改、公安、卫健、国土、应急等方面的运行动态。以疫情防控主题为例，通过汇聚疫情及医疗资源数据，实时更新最新动态，一图掌握疫情态势，利用大数据精准“抗疫”，帮助企业有序复工复产。此项成果获得了央视《新闻联播》的报道。

在“智慧大脑”综合信息平台的赋能下，以及城市“中枢”综合指挥中心、城市“心脏”云计算中心、城市“神经”基层社会治理网格化、城市“天眼”视频监控云平台、城市“脉络”智慧交通的助力下，顺德区政府在政府透明化、行政审批高效化、社会治理科学化、惠民措施便捷化、产业结构合理化等方面收获了实效，朝着“智慧顺

在“智慧大脑”综合信息平台的赋能下，顺德区不仅打通了部门“信息孤岛”，实现了数据全面感知和精确分析，为城市管理部门提供城市驾驶舱式视角。



▲“智慧顺德”综合信息平台展示界面



▲顺德区领导到智慧顺德综合指挥中心调研智慧城市建设情况

德”建设目标快速迈进。

凭借突出的建设成果，智慧顺德一期项目在2018第二届粤港澳大湾区新型智慧城市高峰论坛上，入选“2018优秀信息化案例”，同时也是获奖项目中唯一一个区级信息化建设项目；在2020年第十四届中国智慧城市大会上，荣获“2020年智慧城市先锋榜优秀应用案例二等奖”；在“2021中国智慧城市百佳县市”榜单中荣登榜首……

因地制宜搭建平台总体架构

然而，“智慧大脑”综合信息平

台建设之路并非一帆风顺。

综合信息平台面临的第一道难题是解决顺德区在信息化建设过程中遇到的问题。伴随着智慧城市的建设，再加上信息化建设起步较早，顺德区形成了一定的政务电子化格局：先后建成了政务数据资源管理云平台，以及法人库、地理信息库、视频库等三大基础数据库和综合治税、反恐等一批专题数据库，并在政务和综治等方面相继建立了一系列信息化管理平台。

然而，在取得累累硕果的同时，顺德区信息化建设过程中出现

了三个问题。首先是顺德区信息化建设缺乏系统性的数据治理体系，使得已有数据难以对各类应用提供有机支撑；其次是各部门已建有信息化平台，新的大数据平台建设可能造成重复建设；最后是已有平台采用的传统数据统计分析方法，难以反映数据的业务内涵。

综合信息平台面临的第二道难题是如何在全区806平方公里的广阔面积中，透过种类繁多复杂，且不断增长的数据实现宏观层面的一屏观全市，微观层面的研判分析、作战指挥。

为此，综合信息平台在建设之初采用了“4+6+2”的总体架构，即建设四个基础平台（综合信息数据子平台、综合服务支撑子平台、可视化综合应用子平台、运行管理子平台）；六个数据主题（智慧服务、大网格化、智慧应急、智慧交通、智慧医疗、投资顺德）；两个全景视图（顺德全景、企业画像）。

其中，综合信息数据子平台的功能是实现各类数据资源的采集、汇集、加工、校验、入库、治理等数据服务，构建统一的数据资源库；综合服务支撑子平台的功能是

提供数据挖掘分析应用和可视化展现应用服务。集成多种针对政务数据的算法库、模型库、知识库和高性能数据检索能力；可视化综合应用子平台的功能是提供可视化、便捷、灵活的智能报表分析、统计、决策、模型工具集，让系统具备数据图表和地图的快速制作和更新能力；运行管理子平台的功能是为整个系统提供统一的集群管理、任务管理、资源管理、状态监控、服务的使用状态监控、系统的运行状态监控等。

而六个数据主题的功能是描述



▲ 2020年7月8日，由都市圈建设的智慧顺德综合信息平台通过终验

顺德区的城市运行状态，目的是让城市管理者能够更全面地掌控全局；顺德全景的功能是着重对人口、法人、交通、公共安全的基础数据的关联关系进行梳理，使用身份证、统一社会信用代码、车辆牌号、地址门牌等唯一标识信息，对各类管理对象进行联考。同时通过对人群和企业的特征分析，对其进行标注与分类，从而对市民与企业全生命周期的行为特点、活动领域和服务需求进行画像；企业画像的功能是从行业概览和企业分析两个角度，对顺德区的支柱行业和重点

企业进行深度刻画，对家电、地产、机械装备等行业的发展态势、竞争优势与潜在风险进行探索。同时通过企业的投资、股权和高管信息，编织企业族谱，让用户直观精准地掌握知名企业的股权分布与投资领域。

随着平台建设的推进和实际需求，综合信息平台总体架构调整为“1+1+3+8”。基于新的建设思路，综合信息平台不仅能全流程数据治理，处理流程无缝对接，同时城市总体概览与分项展现并重，宏观分析与实时监测平衡，而且保护

已有基础平台，形成系统协同，而非重复建设。

数字孪生+大数据造平台

综合信息平台由中海达旗下子公司广州都市圈网络科技有限公司承建。该平台以数字孪生技术和大数据技术融合应用为手段，在丰厚的数据基础之上，用数据绘制顺德区政府在经济、社会治理、公共服务、公共安全、民生等领域的服务能力，赋予顺德区多业务维度、多时空切面的“智慧城视”，全方位、智能化展现顺德区运行状态，

让政务数据从“能说话”到“能对话”，实现隐形治理思维的显性化，并从显性化向结构化、智能化的步步提升，在提升顺德区政府治理水平的同时，也给市民带来更快、更贴心的政务服务。

那么，数字孪生技术和大数据技术是如何赋能综合信息平台的？

借助数字孪生技术，综合信息平台实现多维可视化应用开发及运营管理，具备孪生对象标识、场景同步可视、过程统一控制、结果持续优化能力，秉承全对象可感知、全要素可控制、全过程可追踪、全场景可互通、全指标可计算的理念，帮助顺德区政府部门达成“监测-控制-优化”闭环管理目标。

以“智慧应急主题数据版块”为例，综合信息平台将各种应急数据进行全息感知和精确分析，可以增强政府管理部门对社会安全动态的掌控能力，提高应对各类突发事件的应急响应能力和应急救援科学决策水平，助力应急管理从“治”理到“智”理的转变，从而提高社会的整体防灾减灾、快速反应能力、应急救援能力、灾后恢复能力，保护人民生命财产安全和社会秩序稳定有序。

同时，拥有多层次模型生产能力的数字孪生技术，助力综合信息平台满足多样的应用场景和需求。这是因为数字孪生技术底板划分为L1、L2、L3、L4四个细节层次，分别对应体块模型、基础模型、标准

模型及精细模型，不同层次间可以灵活组合和搭配。

而借助大数据技术，综合信息平台可以把握不同企业、公众的共性和个性化需求，量化服务能力，并实时反映在统计与分析结果中，让数据规划与数据治理结合，辅助政府优化政务服务结构，科学决策各类公共事务的优先顺序，实现政务服务下沉，方便群众就近办事，满足公众的多样化需求，为公众提供更好的服务，实现与公众的良性互动，促进管理精准化和服务人性化。以“智慧医疗主题数据版块”为例，综合信息平台通过对医疗数据的分析，帮助顺德区政府掌握医疗资源配置情况及医疗服务需求情况，协助对医疗资源进行优化配置，使有限的卫生资源得到充分的利用，从而有利于顺德区政府制定合理的区域卫生规划，提高医疗机构的服务质量和效率，更好地满足区域内居民的基本卫生服务需求，改善患者医疗服务体验。

如今，在“智慧大脑”综合信息平台的助力下，智慧顺德一期项目的成果正在造福顺德区各行各业。有了一期项目建设的“一小步”，顺德区有信心在打造“智慧城市”新标杆的路上迈出“一大步”。📍

综合信息平台可以把握不同企业、公众的共性和个性化需求，量化服务能力，并实时反映在统计与分析结果中，让数据规划与数据治理结合，辅助政府优化政务服务结构。



▲机载激光测量技术应用于电力巡检

电力行业

机载激光雷达赋能，作业更安全高效

□撰稿 / 何溪

直到多年以后，坐在窗明几净的办公室里，仍在电力勘察设计工作一线的高级工程师黄玉林，回忆起工作最为辛苦是何时时，他毫不犹豫地回答道：2006年。

这一年，刚加入广东省电力设计研究院全资子公司广东科诺勘测工程有限公司（下称科诺公司）的黄工和测量同事们，从事着最辛苦最累的输电线路勘察设计工作。“那时，我工作的环境是人烟稀少的地方，我和同

事每天扛着各种测量仪器行走在杂草丛生的深山里。如果山高，我们一天只能测1~2个点。”像同行的前辈们一样，黄工不管多苦多累都咬牙坚持着。但同时，他比前辈们更幸运。一年后，黄工的公司引进了新兴的测绘技术——机载激光雷达技术，成为国内机载激光雷达技术跨界应用电力行业的“第一批吃螃蟹的企业”。

借助飞行平台、高程精度高、植被穿透力强等优势，机载激光雷

达技术，黄工从事的野外勘察工作量减少了30%以上，工作效率也提升了40%~60%。受益于新技术，现已成为科诺公司测绘工程部主任的黄工和公司一道，成为了机载激光雷达技术坚定推广者的一员。

如今，经过十余年的推广，机载激光雷达技术在输电线路的勘察设计、建设施工、运行维护等阶段中得到了广泛应用，全程为电力行业保驾护航。

勘察设计：

减轻劳动强度，优化线路设计

在电力系统中，一条条远距离、跨区域的架空输电线路是最为常见的设备之一，它将电力跨越千山万水送进千家万户。为了合理布设输电线路，需要对其途径的区域进行勘察设计。出于安全、占地等因素的考虑，输电线路通常架设在崇山峻岭和深山老林之间，这对线路的勘测工作提出了巨大挑战。

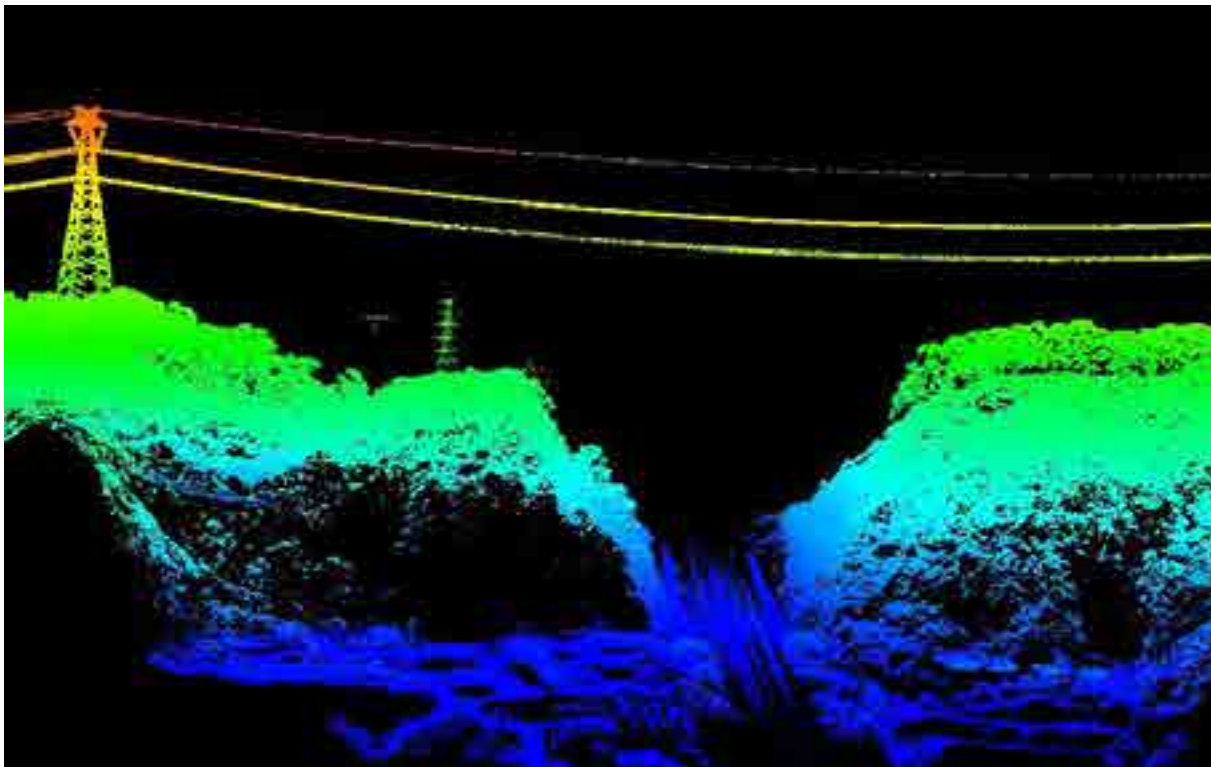
面对恶劣的作业环境，肩负着输电线路勘察设计工作重任的科诺公司和同行一样，在较长一段时间内，依靠经纬仪、全站仪进行通道测量。“在无法快速高效获取线路通道高精度地理信息数据的情况下，需要人工沿路伐树砍林，以满足光学测绘仪器通视观测条件。”黄工说。对于亲身经历过人工测量模式的他来说，这种模式不仅劳动强度大、自动化程度不高，而且工作效率低下、数据获取模式单一。

随着测绘装备的进步，更为先进的RTK和航测设备被引入到输电线路的勘察设计中。新设备的到来，虽然在一定程度上降低了外业劳动强度，提高了野外工作效率，但仍存在弊端。其中，RTK需要作业人员逐点测量，并且还会遇到在山区等复杂地形下，人员难以安全到达的问题；航测对天气和机场条件的依赖性大，且获取的数字高程模型（DEM）精度误差在3~8米，无法满足设计精度要求，事后需要

进行大量的人工修补测。“由于高程精度不准，设计人员就会把电线离地的安全距离预留大一些，这样无形中提高了输电线路的工程造价。”黄工进一步阐述道。

就在行业为如何提高勘察设计水平苦恼时，远在武汉的中南电力设计院有限公司于2006年率先在电力行业中引入了机载激光雷达技术，这让电力企业看到了解决苦恼的希望，这是因为机载激光雷达技术能解决RTK和航测面临的种种弊端。黄工指出，机载激光雷达技术优势明显。一方面，机载激光雷达技术作为一种主动遥感手段，对天气和光照的要求较低，可以在阴天和夜间进行作业，并且对植被有一定的穿透力，可以获取更精确的地形数据。同时，机载激光雷达技术通过飞行器的飞行和激光脉冲的扫描完成探测工作，能在短时间内获取大区域、大范围的地表数据，大大提高了外业测量的工作效率，并且利用飞行器进行探测，可以对很多较为危险的区域进行探测，使得作业的安全性得以保障。另一方面，机载激光雷达技术能够获取高精度、高密度点云数据，从中可以提取出输电线路勘察设计所需的平面断面数据，并且能提供电塔、塔杆、挂线点位置、导地线弧垂、树木、建筑物，以及更详细、精确的“三跨”（跨越高速铁路、高速公路和重要输电通道的架空输电线路区段）等在内的地物三维坐标信

机载激光雷达技术通过飞行器的飞行和激光脉冲的扫描完成探测工作，能在短时间内获取大区域、大范围的地表数据，大大提高了外业测量的工作效率。



▲机载激光雷达技术生成的电塔及电线点云数据图

息，以辅助线路设计。

一年后，机载激光雷达技术这项新技术同样被引入到科诺公司。通过应用，新技术给电力工程测量人员留下了两大印象。第一个印象是机载激光雷达技术大大降低了勘察工作的劳动强度，作业安全也更有保障。“省去了传统影像航测所需的像控测量，翻山越岭的野外修补测工作量也大大减少。通过把外业工作量转化为内业工作量，我们的工作变得更轻松了。”第二个印象是机载激光雷达技术通过快速获取高精度三维线路走廊地形地貌、线路设施设备，以及走廊地物的精确三维空间信息，包括杆塔、挂线

点位置、电线弧垂、树木、建筑物等，从而为线路设计提供快速、可靠、精确的数据支持，为大幅提高勘测作业效率，提前设计深度提供有效的数据支撑。“有了这些高精度数据，设计人员可以方便地统计、分析、设计电力线与走廊通道中地物在空间上的关系，如交叉线路在高程上的差异、设计线路与走廊范围内植被的高差等，这样既能优化线路路径，又能降低电网工程造价。”

凭借无可比拟的作业优势，机载激光雷达技术成为勘察设计工作的一把利器。为了让这项新技术造福电力行业，由中国南方电网有限

责任公司牵头，科诺公司联合广西电力设计研究院有限公司主编了《架空输电线路机载激光雷达测量技术规程》，推动机载激光雷达技术在输电线路勘察设计中应用。众人的努力没有白费，输电线路勘察设计阶段的勘测工作现已成为机载激光雷达技术应用最广泛、最成熟的领域之一。

建设施工：

助力数字化移交，赋能全流程管理

当输电线路勘察设计完成后，意味着电力工程正式进入到建设施工阶段。在动工前，施工单位会收到包括勘察设计单位在内发来的数

字化成果。同样，勘察设计和施工单位在竣工后也需要向业主进行数字化移交。

电力工程建设是一个多专业、多阶段、多参与方的过程，以往各阶段、各专业参与方形成的纸质的、二维成果不能全面直观地反映电力设备设施周围的地形地貌信息，不能为施工、管理、检修人员提供一个真实的环境信息。同时电力设施本体与周边环境的三维位置关系到线路安全，二维GIS也不能直观地表达这些内容。

作为数字电网建设的重要组成部分，数字化移交要求各参与方提交的成果能直观、立体、准确地展现输配电线路、供用电设备及地理环境等三维空间数据，为电力企业的输配电线路、设备的规划、设计、施工、维护、管理、调度、决策全生命周期管理提供信息基础。

采用机载激光雷达技术开展勘察设计工作的科诺公司可向建设单位及施工单位移交全景式的数字化成果。成果主要包括两个部分。一是高精度的通道走廊三维地形、地貌和走廊地物空间等信息；二是线路杆塔位置形状、线路弧垂等电网本体高精度信息。“通过把这些勘察设计成果汇入电网管理系统中，可以为业主后期开展施工建设、资产管理、运行维护提供数据支撑。”黄工说。

应数字化移交要求，机载激光雷达技术成为电力行业各大设计单

位、施工单位、监理单位的不二选择。因为在黄工看来，机载激光雷达技术是当前唯一可以全面快速获取线路高精度三维走廊地形地貌、线路杆塔位置形状、线路弧垂等地物信息的测绘手段，在电力行业应用中体现出较高的应用性价比。

此外，机载激光雷达技术还被应用在电网建设的智慧工地中，用于施工进度、质量的控制。黄工介绍道，传统施工质量控制的手段采用的是全站仪、经纬仪，质量控制检测效率低，且精度准确性、可靠性差。“现在通过机载激光雷达技术采集施工点云数据，跟设计图对比，就能直观全面地管控施工质量。”同时，机载激光雷达技术通过获取通道障碍物的变化信息，帮助施工单位更好地应对输电线路建设中的通道清理工作。

智慧工地在2018年被引入到电力行业时间虽短，但黄工坚信，随着智慧工地应用的不断深入，机载激光雷达技术同样可以在电力建设施工阶段发挥更大的作为。

运行维护：

巡检精细化，辅助科学决策

当建成后的一条条输电线路将光明和温暖送至千家万户后，机载激光雷达技术的使用者从施工单位变为负责运行维护的电力部门。由于运行环境恶劣，输电线路存在线路本体设备老化、走廊通道环境变化等问题。这时电力部门可以利用

机载激光雷达技术是当前唯一可以全面快速获取线路高精度三维走廊地形地貌、线路杆塔位置形状、线路弧垂等地物信息的测绘手段，在电力行业应用中体现出较高的应用性价比。

“电力部门可以利用机载激光雷达技术对线路的通道和本体隐患缺陷进行精细化巡检，普查线路中安全隐患和故障，即时检修，以确保电网的稳定可靠运行。”



▲广东科诺勘测工程有限公司测绘工程部主任黄工在野外开展工程测量

机载激光雷达技术对线路的通道和本体隐患缺陷进行精细化巡检，普查线路中安全隐患和故障，即时检修，以确保电网的稳定可靠运行。

在使用机载激光雷达技术进行线路巡检之前，电力运维部门主要采用人工巡检模式。该模式主要通过巡线人员手持望远镜、负载红外热成像仪等设备从地面对输电线路进行检验。由于输电网络不断扩大，人工巡检模式的弊端逐渐显现：一是随着电网资产的大幅增长，传统的人工巡检效率低下，从而给运检部门带来“结构性缺员”的难题；二是高等级架空输电线路地处复杂环境，人工巡检给作业人员带来一定安全风险隐患；三是人工巡检以目判为主，需要巡检人员具备丰富的运维经验。

电力部门使用机载激光雷达技术用于线路巡检最早始于2007年，

由国家电网有限公司率先尝试。之后，机载激光雷达技术逐渐成为电力巡检的“宠儿”。借助机载激光雷达技术，电力部门的运行维护工作变得更为精细化。

黄工举例道，在通道精细化巡检中，通过对植被点云的周期性分析，可动态检测植被，模拟植被生长状态，从而优化线路维护计划；获取线路走廊的精确三维地形，分析线路走廊的潜在地质灾害对线路安全运行的影响；高精度激光点云可检测导线弧垂与地面、建筑、植被等目标物之间的安全距离，各导线间安全距离，杆塔与目标物间安全距离，导线交跨距离等，实现线路安全距离范围内障碍物和悬挂物的自动识别与定位；利用获取的高精度三维点云模型数据和真彩色影像信息，可确定地面、植被、建筑物、道路、导线、地线、交跨线、杆

塔、挂点、索道、绝缘子串等相应属性目标的空间位置和轮廓，实现线路高精度实时浏览、查询与测量。

在本体缺陷精细化巡检中，可利用精确的杆塔点云模型检测塔身有无倾斜、倾斜角度多大、杆塔基础植被、水土保持等情况；通过精细化巡检的影像可精细化识别排查螺栓、绝缘子串、鸟巢、悬挂物等；在线路模型中通过对导线参数、环境参数、运行参数的设定模拟出在高温、大风、覆冰等不同工况条件下输电线路的运行状态，进而进行危险距离分析和应急预警。

凭借在线路巡检中大放异彩，机载激光雷达技术在电力行业的应用进入了繁荣期。目前，机载激光雷达技术在电网运维领域得到普及，并被大范围引入到电网运行维护部门。

未来： 全面服务行业，应用前景广泛

在赋能输电线路的同时，机载激光雷达技术还被应用于电网变电工程和发电工程建设等电力行业的细分领域。

以发电工程中的抽水蓄能电站建设为例，由于需要1：1000大比例尺地形图做支撑，建设在深山老林、地形高差大的70平方公里电站采用传统人工测量模式时，20人的外业测量团队需要半年时间才能完成。而采用机载激光雷达技术进行测量，4架设备仅需一个月就能全

部完成。“事实证明，机载激光雷达技术是快速获取复杂地区大比例尺地形图唯一有效的测量手段。”黄工说。此外，在抽水蓄能电站建设施工过程中，机载激光雷达技术还可用于土方监测。在传统的人工测量模式下，土方监测的误差效率低下，监测精度低下。“这个误差往往会造成工程造价纠纷。”黄工指出，机载激光雷达技术可以把土方量误差控制在1%以内，从而成功将纠纷扼杀在“摇篮”里。

随着机载激光雷达技术在电力行业更多细分领域的应用，黄工对其在电力行业的应用前景充满期待。而他的信心来自于机载激光雷达技术自身的改进：一是设备性能得到了提升，包括激光回波次数变多、机载POS精度变高、内业数据处理加快，从而能更快速获取到更高精度和更丰富的点云数据；二是设备轻小型化，价格降低，让更多电力企业能够买得起、用得起；三是设备类型丰富，既有长测程、长航时的大中型机载激光雷达设备，又有中短测程、轻小型无人机载激光雷达设备，可以满足电力行业不同的需求，如大面积的电力普查，可以用有人机载激光雷达设备，而小范围的电力应急则可以用无人机载激光雷达设备。

当前，应数字化建设的要求，电力行业工作重心之一是在摸家底和电网维护升级上，而这两项工作都需要用到机载激光雷达技术。在

看好机载激光雷达技术应用前景之余，黄工认为该技术仍有两道难题急需解决。一是如何更高效、更智能、更快捷地提取行业应用需要的通道“三跨”、植被、建筑物等点云数据。“伴随着机载激光雷达技术的应用越深入，获取的点云数据就越多。然而目前以人工和半自动为主的点云数据处理速度难以匹配点云获取的速度。”他指出，现代化电力建设与发展更注重安全与高效，这意味着包括机载激光雷达技术在内的配套服务手段也要跟上快节奏，否则应用就会受限。二是海量的点云数据如何在电力行业全生命周期中发挥作用。当前电力行业各单位使用机载激光雷达技术获取的点云数据只限阶段内使用，并未跟电力行业其他阶段打通，这在一定程度上限制了点云数据价值的发挥。“如果点云数据能在设计单位的设计平台，施工单位的建设平台，电力单位的运维平台、营配平台、调度平台等平台中发挥作用，那么机载激光雷达技术就能得到更广泛的应用。”

市场已至，相信在科诺公司等一批忠实用户的推动下，机载激光雷达技术能持续为电力行业赋能，保障电力安全运行，确保万家灯火。📍



▲合枞项目使用中海达路面智能压实管理系统进行作业

公路行业

北斗联手BIM，为施工提质增效

□撰稿 / 何溪

当“国之重器”北斗和建筑信息模型BIM融合一起，会碰撞出怎样的火花？

德州至上饶国家高速公路合肥至枞阳段项目（下称合枞项目）给出了答案。在北斗和BIM两种技术的加持下，合枞项目不但提高了项目信息化管理水平，而且保证了施工过程的低成本、高效率、高质量，将高速公路施工管理提升到新

高度，以致于负责建设合枞项目的安徽省合枞高速公路有限责任公司（下称合枞公司）总工程师朱玉自信地说道：“到目前为止，合枞项目是首批公路BIM技术应用示范工程项目中效果最好的项目。”

BIM赋能，实现协同管理

朱玉口中的公路BIM技术应用示范工程是交通运输部于2017年批准

的，首批全国共有5个公路项目。交通运输部此举旨在加快推进智慧交通建设，不断提高交通运输信息化发展水平，充分发挥信息化对促进现代综合交通运输体系建设的支撑和引领作用。

经过层层申报，合枞项目成功入围首批公路BIM技术应用示范工程。合枞项目是北京至台北高速公路的并行线，是安徽省高速公路规

划网中的“五纵九横”中“纵三”的一段，起点位于合肥市境内，顺接德上高速淮南至合肥段，向南经舒城、桐城于枞阳县境内达到终点，顺接池州长江大桥北岸接线，路线全长134.158公里，项目总工期36个月。

当问及为什么要在合枞项目推广BIM技术时，朱玉给出了四个主要原因。

一是解决公路项目全生命周期信息协同的问题。他指出，高速公路项目中包括很多单位，如规划、设计、建设、施工、监理等，每个单位负责不同的环节，且每个单位的信息相对闭塞，以致于从设计阶段到建设阶段再到运维阶段，各阶段的信息无法做到流通与共享，影响了公路项目建设的效率和质量。

二是解决公路设计冲突的问题。设计是高速公路管理中关键的一个环节，该项工作需要用到很多学科的知识，如土木工程、绿化、通信等，这就需要不同专业人员参与设计。由于传统公路设计采用CAD方式缺乏联动效果，使得各个设计人员各自为战，这很容易出现碰撞点，为后期施工带来不稳定因素。

三是解决施工质量无法精准控制的问题。传统公路的施工方法较为落后，大多生产质量的监管主要依靠人工监测、记录、填报，这种方法存在数据偏差大、信息上传不及时、数据不够全面等问题。

四是解决多平台融合管控的问

题。朱玉指出，入围首批公路BIM技术应用示范工程的合枞项目同时也是交通运输部“工业化智能制造示范项目”之一，由于后者需要构建智慧建造、智慧工地等多个平台，这些平台则需要通过技术手段进行融合管控。

通过调研，合枞公司认为BIM技术是解决上述四个问题的最佳手段。BIM是一种将工程设计、施工、维护等全生命周期过程进行信息化的技术。因此，基于BIM技术，合枞项目不仅实现全生命周期管理，提高工程施工效率，而且还能优化项目资源、缩减工程开支。“有了BIM技术，设计师不需要再用CAD画平面图纸，而是直接用三维模型软件进行设计，所见即所得，设置参数就可以自动算出造价和工程量；施工企业可以在BIM平台上预演施工过程，找到最优施工组织方案，实际施工过程的成本、进度、质量及安全管控数据紧随模型流转，降本增效；运营单位可以清楚了解每个结构、零件的组成、产地、内部结构以及设计、施工和养护过程信息……”他举例道。

为了配合BIM技术落地，合枞公司引进了一批智能化机械施工设备，其中就包括基于北斗技术的锤击桩施工管理系统、路基智能压实管理系统、挖掘机3D引导系统、水稳/沥青拌合站管控、改性沥青生产及运输监控、水稳和沥青混合料运输-摊铺管控、路面智能压实管理

基于BIM技术，合枞项目不仅实现全生命周期管理，提高工程施工效率，而且还能优化项目资源、缩减工程开支。

“在北斗技术的辅助下，施工单位可以对施工过程进行全过程监控，一旦发现碾压质量不符合预设次数后，会提醒作业人员对欠压地段及时补充碾压。”



▲安徽省合枞高速公路有限责任公司总工程师朱玉介绍合枞项目

系统、3D智能控制摊铺系统等智能施工系统。“在北斗的支持下，施工设备作业精准达到了厘米级，这意味着我们能获得更精准的数据。当这些数据导入到BIM模型后，我们就可以对施工现场进行实时的全方位、立体化、多层次、精细化监管，及时发现和纠正施工现场中存在的问题，确保施工全过程处于受控状态。”朱玉说解释道。值得一提的是，这是安徽省在公路建设项目中首次规模应用智能化机械施工设备。

北斗辅助，施工精准高效

去年五月，北斗智能施工系统进入合枞项目工地开展作业。随后，新设备用惊艳的表现征服了合枞公司和朱玉。

首先，新设备既能及时获取真实、准确的数据，又能采集施工过程中的数据，有助于施工单位实时掌握施工的状态，及时调整施工作业，进而提高施工质量。“以前我们施工靠人工，数据失真，且不保留过程数据，只看最终的结果，这意味着一旦出现质量问题，我们很

难找到根源。”新设备的应用，让数据能“说话”。朱玉以工程路基压实施工为例，传统做法下压实程度依靠经验判断、碾压遍数依靠人工计数，这样很容易出现超压以及漏压现象，各区域碾压程度不一，给检测造成很大问题，并且容易返工，费时费力。而借助智能压实管理系统，在北斗技术的辅助下，施工单位可以对施工过程进行全过程监控，一旦发现碾压质量不符合预设次数后，会提醒作业人员对欠压地段及时进行补充碾压，并可以避免过压，保证压实质量的均匀性和优化碾压遍数，帮助施工单位精准管控碾压施工过程。同时，朱玉还强调，过程中的数据能提高公路后期的运营及养护工作管理水平。“施工单位把数据移交给运营和养护单位后，这些单位就能基于数据有针对性地、快速地制定维修、养护方案。”

其次，新设备提高了施工的效率 and 精度。朱玉以挖掘机作业为例，在传统的人工作业模式下，挖掘机作业水平依赖于机手的水平，无法做到精准作业。在挖掘机3D引导系统的辅助下，通过获取挖掘机机身位置信息，并结合读取安装在挖掘机上的各种基于北斗技术定位的角度传感器数值及挖机大臂、斗杆、铲斗等多个铰接位置的尺寸，计算出铲斗斗齿实时、厘米级的三维位置信息，之后根据安装在驾驶室里平板终端显示的三维图形及数值等信息引导机手作业，防

止工作区域内的欠挖或多挖。即便在视力不及的盲区，设备也能引导机手精确完成施工。“设备晚上也能作业，这样就大大提高了作业效率。”朱玉说。

最后，新设备降低了施工成本。高速公路建设需要投入大量的资金，如果施工过程质量得不到保障，无形中就会增加项目的投入成本。这一情形没有发生在合枞项目上，反而通过应用新设备，合枞项目做到了节约成本。以智能压实管理系统为例，相较于传统的碾压方法相比，该系统每100米路基试验检测可节约人工1人，提高机械使用效率50%，节约检测成本60%，油耗节省率达到11%。按照每天300米压实进度测算，每天可节省综合费用716.2元。

在北斗智能施工系统支撑下，合枞项目施工管理发生了质的变化：由被动方式到主动方式，由事后处理到事前预知，实现了施工过程中无缝管理和科学决策。

BIM+北斗组合是大趋势

赋能合枞项目的北斗智能施工系统由广州中海达卫星导航技术股份有限公司（下称中海达）提供。同时，中海达还为项目提供了包含设备配套物联网系统的硬件采购、安装，数据采集、传输及对应新增软件模块开发，实现各个管控模块与项目BIM、智慧工地总平台的数据对接、系统运行维护、优化咨询、

“在北斗智能施工系统支撑下，合枞项目施工管理发生了质的变化：由被动方式到主动方式，由事后处理到事前预知，实现了施工过程中无缝管理和科学决策。”

“

任何新事物的推广应用都需要一个过程，北斗和BIM新技术也不例外。但这两种新技术将是高速公路建设未来的大趋势，这是毋庸置疑的。

”



▲中海达北斗高精度定位定向车载控制终端引导作业人员施工

培训等工作。此外，中海达还通过开发“智慧工地”综合管理系统平台对接系统，实现对BIM平台与“智慧工地”有效结合，从而充分发挥BIM平台与“智慧工地应用”智能化的特点，有效地提高项目信息化管理水平。

北斗和BIM等新技术在为合枞项目实现提质增效的同时，在推广过程中不仅遇到了来自设计单位、施工单位等外部阻力，也有合枞公司的内部阻力。“毕竟新技术改变了传统的工作方式、行为和习惯，遇到阻力在所难免。”朱玉说。面对阻力，合枞公司一方面向设计单位拨专项经费和宽限时间，让其构建项目所需的BIM模型。同时为施工单位培训BIM技术，并进行考核，确保作业人员掌握BIM技术。“更为重要的是，我们规定施工单位成果必须提交到BIM平台，否则工钱无法结

算。”另一方面在公司内部营造学习新技术、新设备的氛围，并鼓励员工积极尝试。

朱玉直言，在合枞项目中遇到推广阻力的北斗和BIM新技术同样会在高速公路其他项目中遇到相同的阻力。“任何新事物的推广应用都需要一个过程，北斗和BIM新技术也不例外。但这两种新技术将是高速公路建设未来的大趋势，这是毋庸置疑的。”他相信，有了北斗和BIM等新技术的赋能，不但合枞项目能最大程度地实现信息化管理，推动安徽省公路现代化综合交通体系建设，而且建设智慧交通也将指日可待。📍



D100多旋翼倾斜摄影系统

- 安全可靠，长航时、高效率
- 高精度，免像控成图
- 专业载荷，高效设计
- 智能航线规划
- 断点续航，仿地飞行功能
- 主动避障功能
- ANAO云服务
- 智能电池，自主监护管理

中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址：www.hi-target.com.cn
热线：400-960-9990





孙毅中，南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室教授，深耕地图学与地理信息系统专业研究，将理论付诸实践的身体力行者。

城市体检探索与实践

城市体检是指对城市发展状况、城市规划及相关政策的实施效果进行监测、分析、评价、反馈和校正，以保障各项城市发展目标有效实现。城市体检已成为我国治国理政重要的技术手段，并在全国范围内逐步全面展开。下面以丽水市为例，探讨城市体检的方法与实践。

建设思路与步骤

建设思路。针对丽水市城市发展的特征与特色，结合丽水市城市体检的目标与任务，提出丽水市城市体检研究的基本思路、原则与框架，构建丽水市科学、动态的体检指标体系，并因地制宜增加部分契合丽水市实际的特色指标，构建专业性的城市体检评估信息平台，形成“一年一体检，五年一评估”城市体检机制，逐年对城市状态进行跟踪、检查、评估的系统性整改长效机制。着力全面检测与评估丽水市“城市病”，发现问题，找准病因，推动丽水市城市高质量、健康发展，进一步提升丽水市城市治理系统化、精细化、智能化水平。

建设步骤。在完成住建部、省住建厅对城市体检的基本任务与规定动作基础上，体现丽水市的特色与创新，开展8个方面65项指标和专项体检（年度体检和5年体检评估），对各项目标和指标落实情况进行深入分析，按照丽水市城市建设面临的新形势和新要求，对未来发展趋势做出判断，并提出下一个五年实施措施、政策机制等方面的建议。项目建

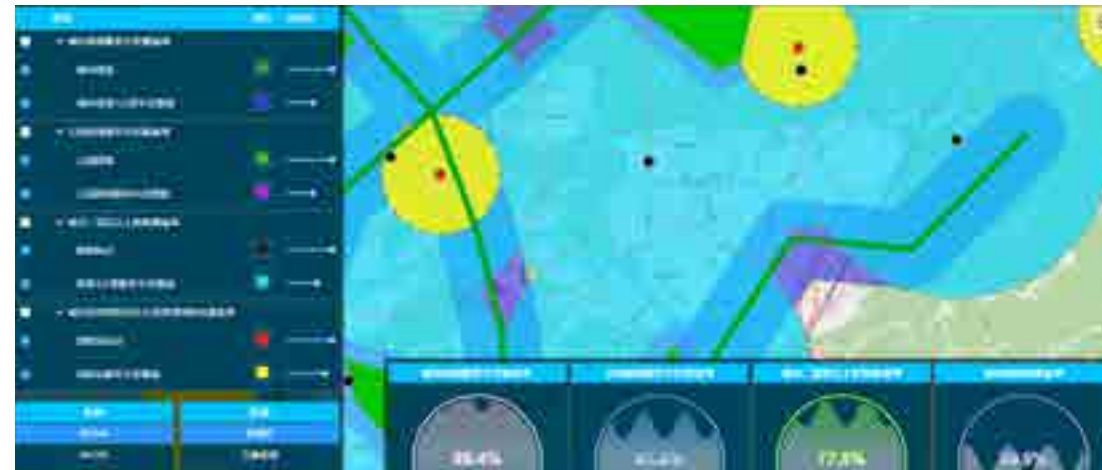
设划分五大步骤：制定城市体检工作实施方案(包括技术方案)；确定城市体检基本指标与特色指标；开展数据收集与社会满意度调查；城市体检平台建立，开展城市体检与分析诊断工作；形成城市体检报告，并针对存在问题，提出对策与建议。

城市体检信息平台

平台主要由“1个规范、1个数据库、1个系统”构成。“1个规范”即数据标准规范，根据丽水市城市管理与城市体检要求，基于国家、省、市相关技术标准规范编制一套适应城市管理建设要求和实际情况的标准规范体系；“1个数据库”，即城市基础信息资源库，作为整个项目的基础数据支撑；“1个系统”，即城市体检评估信息系统，主要包括：指标数据采集、空间数据管理、一张图综合展示、城市体检评估、系统运行管理等功能。平台总体架构主要包括应用层、功能层、模型层、数据层、政策法规、安全标准等层面。

城市体检建设的实践与成效

城市体检评估采用空间分析、差异对比、趋势研判、社会调查等技术方法，通过指标体系管理、数据采集、指标可视化、诊断分析、监测预警、定期体检，自动生成体检报告等环节，完成体检指标体系维护、体检数据管理、体检进度管理、指标可视化及分析、体检数据上报、问题诊断、指标纵向



▲城市体检指标空间分析界面

对比、体检报告生成等任务。

体检指标体系与管理。从生态宜居、健康舒适、安全韧性、交通便捷、风貌特色、整洁有序、多元包容、创新活力等8大类65项体检指标，以及专项体检等方面进行指标体系与指标值管理，可以按照不同的评估需求进行分类并关联指标项，实现快速挂接配置所需的指标。通过平台可查看不同区县的指标构成、指标类型、指标填报情况。

指标分析与预警。其中指标分析分为对比分析和空间分析。对比分析是指不同年份下指标的变化趋势，展现一个城市不同区域不同年份的指标数据，以及区域与区域之间指标数值的不同；空间分析是指采用基于顾及多重属性或耦合不规则多边形与高维属性的空间分析，城市公园绿地服务半径覆盖率、公共绿地服务半径覆盖率、城市标准消防站、城市二级及以上医院等覆盖率分析，及覆盖长度与面积结果展示。而预警是指通过对指标设置目标值和阈值，对出现阈值范围的指标自动预警提醒，并分析指标涉及的部门。

评价模型与专题图展示。其中评价模型是指通

过指标数据的标准差和相关系数及其结合，计算信息量获得客观权重。综合权重通过客观权重与人为输入的主观权重相结合，使用拉格朗日乘子法组合优化，结合KKT条件计算得到综合权重，进而建立评价模型；而专题图展示是指根据评估模型计算的结果，调用专题制图模块，经过配置数据和渲染参数生成评估结果专题。

项目特色

（1）多维度、多单元耦合的城市体检。通过城市时空时序对比、空间单元横向比较，开展市、区至街道、社区多尺度关联的“细粒度”评估。

（2）动态感知与持续更新方法。结合时空大数据，持续感知城市建设与治理等城市量化指标，通过指标的动态组合，实现城市建设量化指标动态感知与动态更新。

（3）前沿技术应用。高效的数据模型、多维度的空间算法，专业的评价模型。



欧建良，阳光学院教授、土木工程学院院长，“天地协同”空间信息产业生态的“铸造者”。

土建工程提质改造的秘诀

经过四十多年改革开放，我国经济规模已达到世界第二，但如何跨过中等收入陷阱、实现高质量发展可持续发展，就需要在“核心技术不被卡脖子、防止产业空心化、新技术新业态强化”等方面做出持续努力。目前国家政策和行业管控都在下最大决心，只有做好这些内涵丰富的事，才能经得起新冠疫情与欧美等国围堵等持续挑战。作为国民经济的支柱产业，土木建筑工程领域正在行动。

面对“应用型人才培养、新基建应用、土木基础设施检测养护”等各方面挑战，土木建筑工程领域如何通过高新技术落地深化、新工科人才培养与职业教育等举措，以区别于“985/211、双一流”层面本科及以上素质教育与原创研究，以实现新技术与新业态新应用结合转化为更有质量效率与成本竞争力的目的，这是摆在从业者面前的一道难题。

回顾改革开放以来，测绘地理信息行业经历了从经纬仪到全站仪、GNSS/Lidar，再到无人机的技术革新历程。四个技术发展历程大致十年一代，且都是在勘测与国土资源管理的工程实践中千锤百炼后，才得到行业国家标准认可，进而走向成熟，并成为行业主流技术。以无人机做1:500测图为例，2019年以前大部分省市对此项技术普遍不认可。在经过业内艰苦而细致的努力后，2cm分辨率倾斜航摄建模线画的模式问世，通过解决房地一体宗地图绘制并通过验收，才让无人机技术应用限制成为过去。目前，无人机技术获得了越来越多的各省市1:500地形图修补测、实景三维中国建设等政府大项目招标及工程应用的认可，并纳入有关技术标准中且得到推广。

随着全面小康社会的基本建成，如何满足人民



▲道路倾斜航摄建模图示



▲贴近式航摄建模图示

群众美好生活的追求正成为当今社会的主要矛盾。土木建筑工程也在做由“大拆大建”向“提质改造”的内在转变。本人从2014年开始组建无人机航测队伍，先后历经“农经权调查、1:2000不动产航测、美丽乡村特色小镇测图、东南亚水电建设与风电开发测图、三调占补平衡测图、高标准农田建设测图、河湖管理范围划界、农房一体确权测图”等等不同层次的工程任务，深刻体会到工程应用过程中需不断摸索完善作业模式并突破原有不足，才可以跟上新应用需要。

于是，我和团队主动拓展深化“无人机倾斜水平航摄+地面移动补拍+室内外激光扫描”综合作业模式，围绕土木建筑工程“地下地上、室内外、墙内外、设计实景、多期变化”五个维度形成BIM+GIS数字化系统集成技术，提供“智能建造、装配式新基建”等现代土木建筑工程所需的新技术服务能力。为顺应相关新业态需求，我和团队从去年下半年至今，积极参与完成了“闽浙古建平立剖大样图测制、珠海成片特色民宿平立剖测图、长沙老旧小区屋顶立面测图、阳光城大都会高层建筑物群贴近式航摄建模、宁德在建道路航摄建模”等十

几项工程任务。这些任务面临的问题基本上都具有“工期紧、初期成果提交后才有专家意见、缺乏针对性行业标准”等特点，然而经过我团队认真耐心的努力，项目的验收都在一两次、最多三次修改提交后完成，从未出现反复修改仍不能通过的现象。

回顾多年以新应用为导向、立足技术带团队做工程任务的经历，我认为在新技术新应用层出不穷的今天，唯一不变的就是“贴合工程应用要求，主动做好技术进步完善”。如果不认真对待实际需求，把具体工作做到位，无论看起来多么“高大上”的新技术都会在实际应用面前碰壁、甚至落到血本无归的境地，这也是当前国民经济可持续高质量发展的内在需要。

任何一项新技术，不但在研发阶段需要付出创造性努力，更需要在面对已有应用和新应用的时候，从创新跨界应用角度做好“人才培养、应用检验、标准革新”等方面工作。如果止步于示范应用展示或者说论文专利成果的发表，而没有后劲十足的“新工科人才、职业教育认证”等相关配套跟上，也只能是等课题资金耗完后“人亡政息”，这是我们所有人都不想看到的。📍



刘合良，中海达旗下子公司满天星云副总经理，致力于“北斗”创新应用。

北斗“云+端”让作业更精准智慧

自北斗三号全球卫星导航系统完成全球组网一年多以来，北斗系统提升质量、拓展应用、面向全球、深化合作，不断推动系统的健康、稳定、快速发展。同时，伴随着北斗高精度定位技术的不断深入推广，各行各业也纷纷加入到“北斗+”行列中，市场北斗终端产品数量急剧上升，配套的云服务产品也应运而生。运用北斗“云+端”模式，能让作业更精准、更安全、更智慧。

北斗政策红利驱动，细分龙头崭露头角

今年5月18日，中国卫星导航定位协会在北京发布了《2021中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书》。白皮书显示，2020年中国卫星导航与位置服务产业总体产值突破4000亿元，较2019年同比增长约16.9%。预计在2025年前，北斗产业可达万亿规模，其中位置服务市场容量可达7000亿元，北斗高精度应用市场可达150亿元。

北斗高精度应用市场广阔，政策红利驱动效应明显。全国各地也相继出台相关支持政策，推动北斗项目落地。如《广东省人民政府办公厅关于推动卫星导航应用产业发展的指导意见》提出，以市场需求为导向，加快推动北斗卫星导航系统在国家安全、经济建设、社会发展等领域的应用。到2020年，广东省北斗卫星导航产业产值达1200亿元以上；培育了若干实力雄厚的龙头企业和一批创新型中小企业，形成了一批关键核心技术和自主创新成

果。在政策的大力扶持下，广东省孵化了一批创新型企业，细分龙头崭露头角，中海达就是其中重要代表企业之一。依托在北斗及空间信息行业的优势，中海达深度结合行业应用打造了北斗“云+端”应用整体解决方案，为多个行业的作业安全赋能。

颠覆传统，北斗“云+端”让“人防”变“技防”

众所周知，空间信息行业的传统作业模式存在安全无保障、效率低等问题。而运用软硬件相结合的北斗“云+端”模式，让作业从传统“人防”转向智能“技防”，进而大幅提升作业水平。

软件方面，中海达研制的北斗位置服务云平台是基于北斗高精度技术、地图可视化技术、物联网技术，以高精度地图作为时空基准，实现人/物的实时监管、数据实时采集上传、智能巡检管理、电子围栏安全预警、实时音视频对讲、远程指挥调度等功能于一体的智慧化平台。该平台通过布设北斗高精度专属CORS网（单站覆盖半径：30~50公里；定位精度：实时2厘米，后处理3~5毫米），为北斗终端提供高精度连续动态的三维空间坐标数据，从而提高北斗卫星导航系统的定位精度。同时结合高精度地图，选择地面、航空、遥感等手段进行数据更新、处理、质检与发布，并通过结合GIS+BIM实现三维可视化。

硬件方面，中海达深度结合行业需求，打造了



▲中海达基于北斗“云+端”解决方案研制的铁路云平台

多款北斗高精度终端与云平台进行对接，现已有Qmini系列手持机、Qbox系列可穿戴产品、Qpad系列平板与平台实现对接，这些终端产品集成了全星座高性能北斗高精度定位芯片，全方向、高增益、零相位小型天线和自主核心高精度算法。同时产品兼具易携带、抗摔、耐用等特性，不仅精度高（RTK精度可达2厘米）、搜星能力强、抗干扰性能好、收敛速度快，而且还能实现硬件/网络双模对讲，声、光、振一体化报警等功能。

规模化应用进程加快，北斗“云+端”前景广阔

据前瞻产业研究院数据，2014-2020年我国北斗产业产值规模不断快速增长，从2014年产值1343亿元到2020年产值4033亿元，每年以30%以上的速度高速增长，且重要增长点集中在产业链下游应

用。未来，随着北斗规模化应用的全面推动，北斗产业产值预计将继续增长。北斗“云+端”应用整体解决方案作为北斗产业链下游重要应用，目前已在铁路北斗精准定位人身防护、变电站人员安全管控、管网巡检管理等领域得到广泛应用，为铁路、电力、石油石化等行业作业安全提供保障。

如今，“中国的北斗、世界的北斗、一流的北斗”已成为中国对外开放交流的亮丽名片，同时正为服务人类社会、构建人类命运共同体，做出新的更大贡献。我们相信北斗“云+端”能够伴随着时间的进程，在更多的行业绽放精彩，更好地诠释“让作业更精准、更安全、更智慧”。📍

掀起“智慧风暴”！中海达亮相地信产业大会

10月14日，中海达携最新技术成果及行业解决方案集中亮相地信产业大会。自然资源部副部长王广华等多位领导莅临中海达展位参观指导，众多参会同行也纷纷前来探讨交流。此外，中海达联合行业权威专家，共话自然资源管理智能化。

不仅如此，中海达再次入选2021年地理信息产业百强企业并名列第四位。至此，中海达已连续7年入选“百强企业”前十强。另外，中海达旗下多家子公司入选“百强企业”、荣登2021年地理信息产业高成长企业TOP50榜单；中海达及旗下子公司与合作伙伴共同完成的项目获地理信息科技进步奖二等奖、地理信息产业优秀工程铜奖等奖项。此次获奖充分体现了行业内外对中海达及旗下子公司地理信息业务经营服务和技术创新能力的高度肯定。



中海达成果亮相“十三五”科技创新成就展

10月21日，国家“十三五”科技创新成就展在北京展览馆举行，集中展出“十三五”期间我国在基础前沿、战略高技术和民生领域取得的重大成果。中海达联袂中国测绘科学研究院、中科院精密测量研究院等单位携海洋大地测量基准装备及海洋导航技术成果参展，其中展出了中海达的iTrack组合导航装备样机及iBoat BS3无人测量船等项目重点产品。

中海达参与的“十三五”国家重点研发计划之“海洋大地测量基准与海洋导航新技术”项目破解了海底基准站方舱“放得稳、待得久、测得准”核心关键技术，自主研制了我国首批适应深海环境的海底基准站和海洋综合导航装备。目前，项目成果已为海洋场景2035国家综合定位、导航和授时体系论证，以及为国家海底基准工程建设提供重要支撑。



B

10月17日

中海达携全方位新品助力新型基础测绘建设

10月17日，中海达紧扣“十四五”基础测绘转型升级发展的重要任务新型基础测绘、实景三维中国等，携带新型智能产品、技术及最新解决方案盛装参加中国测绘地理信息技术装备博览会，吸引了自然资源部国土测绘司司长武文忠、中国科学院院士杨元喜等行业领导、专家学者莅临中海达展位指导。

同时，为了让客户更好地了解展台上的产品及解决方案，中海达准备了主题为“从数字化迈向智能化的新型基础测绘技术”的专题线上线下载分享会。中海达围绕新型基础测绘建设、实景三维中国、灾害监测等主题做了方案分享，包括行业前沿产品、技术、综合解决方案和重点案例，覆盖了电力、林业、水利、铁路等多个领域的应用。此外，中海达及旗下多家子公司荣获“2021年测绘科学技术奖二等奖”等多个奖项。



D

11月1日

实力凸显！中海达连获政府部门高度肯定

11月1日，由中共广州市委统战部、广州市工业和信息化局、广州市工商联联合主办的2021年广州市民营经济服务大会暨民营企业服务周启动仪式举行，会议颁发了广州市民营领军企业与广州市“专精特新”民营企业扶优计划培育企业等多项荣誉。中海达荣登首批“广州市民营领军企业”榜单，同时入选广州市“专精特新”民营企业扶优计划培育企业。

随后在11月15日，国家应急管理部公布了“防汛抢险急需技术装备揭榜攻关”的“揭榜挂帅”中榜名单，中海达参与的“车载堤防险情隐患快速探测成套技术装备”项目成功“揭榜”。该项目可实现汛期或应急条件下的堤防险情的快速、精准识别以及日常隐患巡检的智能化、无人化，使得巡查更高效可靠。后续，国家应急管理部将举办中榜团队签约会。





冬日里的风景

□ 摄 / 易昌华（中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司）
□ 文 / 何 溪

当羞答答的雪姑娘裹一身素装从天而降，
给大地换上洁白的银装时，
整个大自然如魔法般变成了一个让人留恋的白色世界。



此刻，整个世界失去了生机。
原本绿油油的田地里，
铺满了一层厚厚的白雪。
就连活蹦乱跳的动物都躲了起来，
偶有不知冷暖的孩子们在雪地里追逐，
打雪战，堆雪人，
这给寒冬带来了些许的活力与生机。



此时，整个世界都变得静悄悄。
原本喧闹的村庄变得安静又萧条，
就连最勤劳的乡民们也都赋闲在家。
仅有那些忙于生计的牧羊人不畏严寒，
骑着马，挥舞着皮鞭驱赶羊群在雪地里前行，
这成为冬日里靓丽的风景。





冬天，不管你讨厌还是喜欢，
也不管你是期盼还是留恋，
它总是踏着点儿来踩着点儿去。

大自然有着自己的运行规律，
四季轮回，春生夏长，秋收冬藏，
这是万物的生长法则，也是人生哲学。
悟得了这些，人生亦是处处皆风景，
即使是冬日，那也是暖阳。📍

iFlow RP600/1200 声学多普勒流速剖面仪

iFlow RP600/1200系列是中海达完全自主设计、研发和生产的活塞式ADCP产品，也是首批进入水利部水文测报新技术装备推广目录国产ADCP品牌，其综合性能达到国际先进水平，可广泛应用于海洋、河流、航道的流速、流量测验工作。

- 在宽带工作模式下，iFlow RP1200测量流速剖面可达35米，
iFlow RP600可达80米
- 测流精度高达 $0.25\% \pm 0.2\text{cm/s}$
- 低功耗、高可靠性
- 支持走航、定点等多种工作模式
- 支持软件功能定制服务



中海达
HI-TARGET

广州中海达卫星导航技术股份有限公司

网址：www.hi-marine.com.cn
热线：025-6668-3500

