

以科技创新支撑和引领水规院可持续高质量发展

杨国平，陈际丰，曹凤帅

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

1 70 年科技发展回顾

1951 年，中交水运规划设计院有限公司(简称“水规院”)成立伊始，在国家着手修复、改造航运基础设施大背景下，积极组织开展苏联标准规范的翻译工作，并结合我国水运工程建设实际情况，在修复和改造的同时，不断积累工程实践经验，相继规划设计了新中国的第一座海港、第一座内河港、第一座船厂，成为新中国水运规划事业的奠基者、开拓者与先行者。这一时期，水规院在借鉴国外相关标准规范和我国工程实践的基础上，编制了我国港口工程行业第一项标准规范《港口工程设计标准及技术规范》，并于 1960 年颁布实施。

20 世纪 70 年代“三年大建港”期间，水规院人发扬自力更生、艰苦创业精神，完成了多项大型码头设计，建成一批现代化深水码头。为支持葛洲坝船闸建设，水规院在船闸总体布置、通航条件、输水系统等方面组织开展大量研究工作，完成了葛洲坝二、三号船闸设计工作，“葛洲坝二、三江工程及其水电机组”项目荣获 1985 年国家科技进步特等奖。

20 世纪 80 年代，“科学技术是第一生产力”深入人心，水规院承担“国家十二个重要领域技术政策的研究”中交通运输技术政策港口建设和技术改造方向子课题的研究工作，研究成果成为编制“七五计划”“2000 年科技经济和社会发展规划纲要”以及指导科技攻关、技术改造、技术进步、重点建设和产业结构调整的重要政策依据。该项目是一项巨大的软科学研究系统工程，荣获 1988 年国家科学技术进步一等奖。水规院组织行业内有关单位对港口工程相关标准规范进行系统的梳理和汇编，形成的《港口工程技术规范》于 1987 年颁布实施，至此，一套较为完整的、具有我国港口建设特色的技规范初步形成。

20 世纪 90 年代，水规院陆续开始一批新港区规划设计工作。其中，针对大连港大窑湾港区建设条件，研发具有透流、消浪、降低地基应力、投资节省等特点的梳式防波堤结构，完成的“深水防波堤新型结构型式研究和斜向波与直立式防波堤相互作用研究”荣获 2002 年度国家科技进步二等奖。随着计算机技术应用的普及，水规院有针对性地开展相关应用技术研究工作，开发港口工程 CAD 系统、邳县煤港控制自动化系统、矿石码头计算机生产管理系统，显著提高了工作效率和质量。

进入 21 世纪，针对我国西部交通建设需求，交通运输部启动了“西部交通建设科技项目计划”，水规院在西部山区航道整治、码头建设、运营服务等方面承担了大量研究课题，为西部地区加快提高航道等级提供了技术支撑；随着沿海港口建设需求的不断提高，在上海港外高桥集装箱码头建设中，形成现代集装箱港区的成套设计理论，提出全新的现代集装箱港区功能横断面布置模式，成为现代集装箱港区发展建设的典范，完成的“外高桥集装箱码头建设集成技术创新研究”荣获 2006 年国家科技进步二等奖；为支撑京津冀一体化过程中产业转移，在曹妃甸港区规划建设中，对沙岛-潟湖海岸地貌形成机理及演变过程进行系统性深入研究，论证总体开发方案，创建了生态环保港区建设新理念，完成的“沙岛-潟湖海岸超大型综合港口工程建设与工程应用”，荣获中国水运建设行业协会科技进步特等奖；在内河航运开发建设方面，针对我国“两横一纵两网十八线”高等级航道网建设，在船闸总体布置、输水系统、运营调度和能力提升等方面持续开展研究工作，完成的“国家高等级航道网通航枢纽与船闸水力学创新研究及实践”项目荣获 2012 年国家科技进步二等奖；针对船舶大型化发展、港口建

设向外海、深水发展的需求, 水规院承担了国家 863 课题“离岸深水港岩基浅埋轻型结构码头建造技术研究”和交通运输重大科技攻关专项“离岸深水港建设关键技术研究”, 在大型开敞式码头布置、深水码头结构、深水航道设计等方面取得多项研究成果, 完成的“离岸深水港建设关键技术与工程应用”荣获 2013 年国家科技进步一等奖; 水规院承担的国家科技支撑计划项目“国家海上应急搜救系统工程关键技术研究及应用示范”重点对海上应急搜救领域的关键技术、共性技术进行研究, 构建了我国海上应急搜救指挥技术支撑体系, 提高我国海上交通安全和应急搜救水平, 研究成果获中国航海学会科学技术奖特等奖; 水规院参与国家科技支撑计划项目“现代港口物流服务示范工程”, 建立了区域现代散货物流、集装箱物流和汽车物流等公共信息服务与应用服务平台, 实现公共码头与钢铁企业间物流链与生产链的无缝衔接, 建成基于现代港口的散货、集装箱和汽车等物流服务示范工程。

近年来, 针对高品质沿海港口建设和现有码头提质升级建设需求, 水规院开展了“港口工程全寿命周期设计方法理论分析与研究”“港口工程结构性能退化研究及在结构设计中的应用研究”“海港码头结构物加固和升级改造成套技术研究”等研究工作; 针对国家内河航运基础设施建设提升需求, 先后参与交通运输部重大科技专项“黄金水道通过能力提升技术”、国家 863 课题“长江高等级航道的建养与监测关键技术研究”、国家科技重大专项“白洋淀与大清河流域(雄安新区)水生态环境整治与水安全保障关键技术研究与示范”、国家重点研发计划课题“巨型通航建筑物通航标准体系研究”和“船闸联网控制与在线运维平台研究”等研究工作, 在船闸总体布置、通过能力分析、航道整治、水环境治理等方面取得了多项创新成果; 针对港航工程转型升级高质量发展需求, 水规院积极开展智能、绿色港口建设技术研究, 完成自动化散货码头建设技术、港口工程绿色设计体系等研究工作, BIM 技术研发与应用取得突破, 实现在工程全生命周期应用。

2 科技创新成就

近几年, 水规院不断加强科技创新工作顶层设计、优化创新资源配置、积极营造科技创新氛围。针对设计咨询企业特点, 形成以专职和兼职科研人员、外部专家相结合的创新团队, 促进技术创新与生产紧密结合, 全面提升公司整体创新能力。注重对专职科研人员的培养, 鼓励生产部门技术人员参与科技创新工作, 完善科研生产人员合理流动与职业发展通道, 逐渐成长起一批科研技术骨干和专业领军人物, 形成了优质科技创新团队。不断加强企业文化建设, 连续举办“科技月”活动, 重点举办专业技术交流讲座、创新评比、BIM 大赛、优秀项目和个人表彰等系列活动, 进一步增强员工创新意识和投身创新实践的热情, 在公司内部营造出推崇技术和人才的企业创新文化氛围。

2.1 科技创新成果丰厚

2.1.1 深水港口设计领域

组织开展“港口工程结构性能退化研究及在结构设计中应用”的研究工作, 将结构耐久性与安全性、适用性相联系, 建立可用于结构设计的港口混凝土结构耐久性极限状态, 并提出相应的定量设计方法。完成“海港码头结构物加固和升级改造成套技术研究”, 系统分析不同类型海港码头破损原因, 总结提出相应的加固和升级改造成套技术, 在大连、营口、青岛、日照等港口完成了 50 余个泊位的升级改造。

2.1.2 内河航运综合开发领域

开展以提高船闸运行效率为目标的船闸总体布置研究工作, 提出多种布置模式及其关键参数的优化方法, 应用于多项大型船闸工程, 提升和规范了行业技术水平。创新性地提出多线船闸群集中布置的形式和航线交叉区布置新技术, 采用系统仿真模型研究布置模式的通航效率, 并在广西长洲水利枢纽三、四线船闸工程中成功应用。研发低水头省水船闸结构, 解决北方缺水地区内河航运开发建设的突出问题。发明具有消能、护滩、促淤综合效果的主动勾连体消能护滩结构, 在长江南京以下 12.5 m 深水航道中应用, 促淤成

滩后为植物提供天然的生长条件，生态功能突出。

2.1.3 智慧港口建设领域

围绕港口管理运营的业务发展要求，从管理数字化、控制数字化、运营数字化等方面建立以“管控一体化”为核心理念的数字港口技术体系。在散货、集装箱、滚装码头的前场控制、后场管理等方面取得多项专利技术。

在自动化集装箱码头设计方面，形成基于计算机仿真模拟的装卸流程设计、总体布置优化和设备选型配置技术。在自动化散货码头方面，提出以客户为中心、客户价值驱动的煤炭码头生产管理体系和服务模式，建立全新的客户价值驱动的服务业务流程和作业模式，研发运营管控一体化解决方案、生产调度和计划预测为核心的智能生产系统。利用超融合基础构架工业数据中心技术、散货港口自动化监控技术、工业信息安全技术、机器视觉、实时在线虚拟仿真技术和3D可视化技术，建立实时作业感知、操作与跟踪系统，堆场装卸作业过程标准化、自动化、可视化的堆场作业智能控制系统。

2.1.4 绿色港航工程建设领域

分析绿色港口设计的内涵和基本特性，建立绿色港口设计体系的技术路线，提出绿色港口设计准则、设计方法和主要设计内容，编制了《港口工程绿色设计导则》。攻克港口岸线恢复中总体布置、整治建筑物设计、沙滩维护和检测等关键技术，完成日照海龙湾退港还海工程。在水系流域治理方面，开展生态廊道构建的空间结构规划技术、水环境生态修复技术等研究工作，支撑白洋淀内源治理、成都锦江水生态治理等工程项目建设，并以创新技术积极拓展水环境治理领域业务。

2.1.5 虚拟仿真技术研发与应用领域

依托中国交通建设股份有限公司(简称“中国交建”)综合交通虚拟仿真技术研发中心，针对港口码头通过能力和陆域交通问题，以计算机仿真技术为手段，通过建立系统仿真模型，研究港口通过能力、合理的建设规模，并优化平面布置方案，为码头设计和运营管理提供科学决策。建立多源数据融合下多港区复杂航道网络协同优化设

计理论，提出时空约束下多港区航道网络设计优化与重构方法，用于指导复杂航道网络的规划和建设。研发船舶随机过闸排档仿真模型，提出基于服务水平的船闸通过能力仿真分析方法，为船闸建设规模论证和运行调度管理等提供技术支撑。

研发煤炭码头三维可视化管控系统，实现港口规划展示、设计成果信息集成、施工过程实时动态展示与远程监控、运营过程实时可视化管控、运营资产管理、运营安全应急管理等功能。研发煤炭码头卸车生产仿真智能调度系统，形成自动化煤炭码头建设的卸车生产调度高级计划与排产技术，实现煤炭码头卸车生产调度作业的自动化与智能化。

研发风、浪数据查询及后报平台，可获取全球任意海区的气象、水文信息，对任意工程区进行风浪场的模型创建，从而为工程建设设计参数确定和方案优化提供可靠的依据。建立全球水文基础资料数据库，解决了海外工程缺少相关技术资料的难题。

2.1.6 BIM 技术研发与应用领域

编制《水规院全生命期 BIM 系统总体规划》，确定水规院 BIM 系统建设目标定位和原则，提出 BIM 系统总体架构，制定不同阶段 BIM 技术应用实施计划。根据水运工程特点，研发水运工程地质三维 BIM 设计系统，实现三维地形及三维地质模型的创建、打通与其他软件的数据接口、定制符合标准的剖切图纸等功能，同时实现相关信息的录入、检索、统计、汇总及传递等。研发基于 BIM 的船闸设计系统，实现参数化人字门及闸首模型生成、二维图纸及工程量表输出、项目参数模板的导入导出等主要功能。研发基于 BIM 技术的道路工程建设期成套管控技术，形成协同设计和协同管理工作模式，打通工程模型和信息从设计阶段到施工阶段的传递路径，通过集成设计和施工阶段的工程信息，形成道路工程数字化资产。

2.1.7 建筑和市政工程领域

建立一整套适合公司建筑工程设计的 BIM 应用技术标准，实现结构 BIM 模型与结构计算软件的交换，开发出一套自主知识产权的装配式住宅的预制构件族库系统。

开展管廊技术标准体系、合理结构形式和新结构研发、复杂地质条件下管廊基础沉降的控制技术、管廊耐久性技术以及 BIM 技术在管廊设计施工中的应用等研究工作, 形成综合管廊设计成套技术。

运用低影响开发理论分析海绵城市发展建设现状, 开展基于海绵城市理念的绿地系统的影响要素研究, 形成不同层面的绿地规划策略和方法, 编制了《海绵城市建设技术参考图集》。

2.1.8 高端咨询领域

围绕大港口、大海洋、大流域、大城乡, 形成涵盖港航全产业链的发展战略研究技术, 可为水运行业发展提供科学合理、可实施的战略指引, 为港航企业发展制定不同时期的发展战略, 更好地引导企业高质量发展。将“港口、产业、城市”三大要素统筹考虑, 形成港产城一体化发展核心技术, 为政府及相关企业提供生产力布局、港口经济发展战略、产业规划、港产城协调发展等方面的研究及规划服务。在项目实践中形成了包括流域治理与滨水开发、综合交通枢纽与城市一体化开发等大型综合投资项目策划技术, 以及为企业提供一体化投资咨询的核心技术。

2.1.9 国际合作领域

与国际知名咨询公司 Worley Parsons 全面合作, 开展港口绿色设计理论和方法研究, 完成日照港煤炭矿石码头搬迁新建港区的绿色智能概念设计工作; 针对秘鲁钱凯项目, 与荷兰 Aktis 公司合作开展长周期波的掩护效果以及船舶系泊研究; 针对厄瓜多尔项目, 与巴西 Exe 公司开展强震区码头结构分析研究; 2019 年, 与英国卡迪夫大学签署合作协议, 联合开展智慧工程领域人工智能、BIM 技术研发与应用。

2.1.10 发挥行业智库作用

充分发挥水规院在技术创新方面的综合优势, 积极参与国家、行业的相关科技发展战略研究工作。参与中国工程院开展的“交通强国战略研究”项目, 完成“创新驱动交通发展战略研究”和“交通基础设施建设技术研究”, 为《交通强国建设

纲要》编制提供了重要支撑。参与“交通运输重大工程项目研究论证”工作, 负责和参与水系运河连通工程、三峡水运新通道、上海国际航运中心港口设施能力提升工程、国家物流枢纽建设示范工程等的研究论证, 相关成果为国家和行业综合交通规划决策提供了重要支撑。

2.2 编制标准规范众多

水规院曾有代部编制、审查标准规范的职能, 在标准编制方面有深厚的沉淀、积累与继承, 现在依然承担着多项行业重要标准、国家标准的编制工作, 并通过中国工程建设标准化协会水运专业委员会协助主管部门开展水运工程建设标准管理工作, 为行业准化工作提供了重要支持。

截至目前, 水规院主编和参编的国家和行业标准规范超过 110 项(包括现行行业标准 65 项)。水规院主编和参编了水运工程建设领域的《港口工程结构可靠性设计统一标准》《港口工程基本术语标准》《内河通航标准》等 5 项现行的水运工程建设国家标准; 主持编制的全部 4 版《水运工程标准体系》是水运工程建设标准的规划蓝图, 全面指导行业标准规范的发展建设; 主编的《海港总体设计规范》《渠化工程枢纽总体布置设计规范》《船闸总体设计规范》等标准规范是行业规划设计的重要依据; 主编的《海轮航道通航标准》《运河通航标准》《长江干线通航标准》等标准规范是保护航道资源、保障航运安全、发挥水运优势的主要技术支撑; 主编的《水运工程混凝土结构设计规范》《水运工程钢结构设计规范》《水运工程抗震设计规范》等标准规范是水运工程结构设计的重要基础; 主编的《港口工程绿色设计导则》《水运工程节能设计规范》等标准规范提出了水运工程建设资源友好和环境节约的指导性要求; 主编的《集装箱码头计算机管理控制系统设计规范》《交通信息基础数据元》等一批信息类标准规范为水运工程高质量发展奠定了基础。组织完成《水运工程抗震设计规范》码头附属设施技术规范等 6 项标准规范的英文版翻译, 为我国水运工程建设技术和标准走出去提供了支撑。2020 年, 水规院荣获中国工程建设标准化协会“标准科技创新奖”优秀组织奖。

2.3 科技创新团队提升

近年来，水规院参与科技创新活动员工超过 200 人，依托重大工程项目，整合公司优势资源，组建多个创新团队开展专项技术攻关。虚拟仿真技术和 BIM 应用技术研发团队荣获 2017—2018 年度中国交建“青年文明号”。内河航运建设技术创新团队荣获中国航海学会“2019 年科技突出贡献团队”。

在创新工作实践中，培养了多位行业技术领军人才和青年创新骨干。近 5 年，水规院 1 人获评“全国水运工程勘察设计大师”，1 人获评“全国优秀科技工作者”，2 人获评交通运输部“交通运输青年科技英才”，1 人被授予“中国航海学会终身成就荣誉”称号，10 余人次获评行业和中交集团科技创新人才。

2.4 科技创新品牌彰显

水规院充分发挥核心技术优势，积极推进创新平台建设，组建和参与交通运输部“绿色智能港航工程建设技术交通运输行业以企业为主体协同创新平台”“中国交建综合交通虚拟仿真应用技术研发中心”“中国交建西非区域技术中心”“中国交建水运安全质量环保研究中心”“北京市企业技术中心”“北京市设计创新中心”等多个科研平台，科技创新工作与平台建设相关支撑，形成核心技术的同时也打造了科技创新品牌。

水规院是中国土木工程学会港口工程分会、中国工程建设标准化协会水运专业委员会、中国水利学会港口航道专业委员会和中国水运建设行业协会工程勘察设计及标准化专业委员会的挂靠单位，通过这些机构，水规院充分发挥桥梁和纽带作用，积极搭建行业技术交流平台，组织开展多次行业内的大型技术交流会和宣贯，培训并开展咨询服务；积极推进技术标准化工作，协助开展水运工程建设行业标准管理，完成国家和行业标准复审工作；组织参与《水运工程技术创新(2009—2019 年)》《中国水运工程建设实录(1978—2015)》等行业技术图书编写。这些活动的开展对行业技术进步作出了重要贡献，也使得水规院在行业内的地位与品牌得以提升。

2.5 科技创新贡献显著

水规院科技创新工作与生产业务紧密结合、相互促进。开展的“海港码头结构物加固和升级改造关键技术研究”“主动式勾连体消能护滩结构研发”“省水船闸结构和模型试验研究”等研究工作，解决了相关工程中的重大技术难题。开展的“港航工程风浪后报系统研究与开发”“强震区港口工程抗震设计研究”等研究工作，为海外工程项目提供重要的技术支撑。开展的“BIM 技术在海上人工岛项目中应用”“船闸设计系统”“自动化集装箱码头仿真研究”等研究工作，提高了设计成果质量和工作效率。开展的“水环境生态修复关键技术研究及应用推广”“大清河流域生态廊道构建技术研究”“雄安新区智能交通和绿色生态关键技术”等研究工作，以创新技术助力水环境新业务拓展。

近 5 年，水规院获外部各类科技、咨询、勘察、设计和工程奖 170 余项，其中科技奖 40 余项。“三峡-葛洲坝梯级通航运行关键技术与应用”等 2 个项目获行业科技进步特等奖，“全自动化干散货码头关键技术研究及应用”等 3 个项目获中交集团科技进步特等奖，设计完成的青岛港董家口港区青岛港集团矿石码头工程、日照港岚山港区 30 万吨级原油码头工程、黄骅港三期工程、沙特达曼 SGP 集装箱码头一期工程、新建肯尼亚蒙巴萨至内罗毕标轨铁路工程荣获中国土木工程詹天佑奖，水规院获评“全国勘察设计行业建国七十年优秀勘察设计单位”。BIM 技术研发与应用获各类奖项 10 余项，其中“巴基斯坦 SAPT 集装箱堆场与房建二期工程 BIM 技术应用”“京津中关村科技城市基础设施一期工程 BIM 技术应用”获 Bentley 基础设施光辉大奖赛特别荣誉奖，“深中通道西人工岛 BIM 技术应用”获中国技术创业协会“共创杯”智能建造技术创新大赛一等奖。

3 新时代科技创新重点工作

3.1 发展形势分析

在全球范围内，各国都加速推进科技创新工作，新一轮科技革命和产业变革处于实现重大突破的关键时期。新一代信息技术成为技术革命的

主导力量, 人工智能、大数据、云计算、物联网、区块链、5G 等技术推动各领域向智能化提升。科技创新呈现高度交叉、融合发展态势, 多个学科、领域相关技术相互融合、相互促进、相互依赖的趋势更加明显。

我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段, 正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期, 迫切需要突破关键核心技术, 提高科技供给质量, 推动发展方式向质量效益主导转变, 发展动力向更多依靠创新驱动转变。加强科技创新、增强经济发展的内生动力已经成为我国现阶段的核心任务。

现阶段, 形成以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局, 是当前我国面对复杂的国内外经济形势、推动经济社会结构性调整的重大战略部署, 是应对百年未有之大变局、推动经济高质量发展的必由之路。形成新发展格局, 需要高度重视科技创新的推动作用, 不断提升自主创新能力, 从根本上破解制约“双循环”要素流通的障碍。

今后, 以科技创新为支撑, 加快经济发展方式转变, 增强产业链供应的抗压韧性和竞争力, 是推动经济社会高质量发展的根本要求。传统交通基础设施建设领域将向工业化、智能化、绿色化转型, 交通全产业链的数字化、智能化和生态化升级将持续加速。随着新城镇化和城市高质量发展的深入推进, 将呈现区域一体化、绿色化、智能化的发展态势。通过数字化、信息化实现传统产业的转型升级将更加迫切, 先进信息技术与传统产业结合将成为设计咨询企业提质增效、增强竞争优势、创新商业模式的重要途径。

3.2 重点研发工作

未来, 水规院将围绕现代综合交通、城市建设、海洋与水系开发治理等业务领域, 加强对重大课题、关键技术、标准规范的推进力度, 加强对基础性、综合性、通用性、前瞻性科技的研发与创新, 注重与生产融合, 打造具有核心竞争力的技术和产品, 为公司发展持续积蓄新动能。

在水运传统业务领域, 围绕沿海港口资源整合、内河航运开发提速发展需求, 深入开展港航工程全产业链发展战略、现代港口集疏运物流体系、综合交通项目一体化策划、沟通水系运河建设等关键技术研究, 持续提升技术优势与一体化解决问题的核心能力, 积极储备一批优质工程项目。在港口、航道、通航建筑物等基础设施建设方面, 深度融合信息技术、互联网、虚拟仿真、云计算、大数据、GIS、BIM 等现代信息技术和人工智能, 推进智慧港航工程建设核心技术研发, 加快传统产业的数字化、网络化和智能化, 在自动化码头建设、港口提质升级改造、通航建筑物能力提升、港航工程运营安全保障等方面实现全产业链一体化服务和产业升级, 始终保持传统行业技术优势, 发挥传统产业“压舱石”作用。针对海外业务基础资料匮乏、自然条件恶劣等特点, 持续开展基础资料获取与分析、长周期波浪机理、码头结构抗震等研究工作。

在巩固传统水运业务技术优势的基础上, 以技术创新拓展业务范围, 积极向海洋、园区、生态等领域延伸, 围绕海洋资源综合开发、海洋生态保护与修复、流域和水污染治理、生态航道建设等方面开展研究, 攻克关键技术并形成工程示范。在城市业务领域, 围绕“城市化推进、美丽中国、生态文明建设”等宏观政策, 重点开展装配式结构、地下管网、综合管廊、绿色节能建筑、城市绿廊、滨水绿道等应用技术研发。

4 结语

水规院的发展实践证明, 企业在激烈的竞争中求得生存和发展, 就必须积极践行国家和行业发展战略, 落实国家科技创新政策, 坚持科技创新服务和引领企业发展, 通过不断完善科技创新体系, 提升企业自主创新能力, 打造优势核心技术。今后, 水规院要始终坚持“创新是引领发展第一动力”的指导思想, 全面推进科技创新工作, 支撑和引领可持续高质量发展, 为建设成为国际一流工程咨询公司而不断努力。