

守好环保“生命线”，努力打造世界一流的智慧港口、绿色港口——

“智”造港口 逐“绿”而行

严冰 王圣婴

微风徐来，芦苇飘荡。在河北省黄骅港的“莲园”内，煤污水净化后汇入锦鲤鱼池，湖面上不时有水鸟飞过，行走在湖边蜿蜒的木质步道上，一幅幅生态画卷随着视角变换慢慢展开。

“这里原是黄骅港建筑垃圾堆场，如今在生态环境综合治理下，已经改造成为‘三湖两湿地’水系中的人工湖生态公园。”国家能源集团黄骅港务有限责任公司生产保障中心经理怀全介绍。

黄骅港的生态转变并非个例。渤海湾畔，一座座港口依靠智慧赋能、污染防治、协同监管等多样手段，逐步实现从传统港口到生态绿洲的华丽变身。

近日，笔者赴天津、河北两地进行实地采访，了解京津冀协同发展过程中取得的环保实效，探访天津港、黄骅港、曹妃甸港建设智慧港口、绿色港口的生动实践。

智慧赋能 七彩码头实现零碳运营

作为全球首个“智慧零碳”码头，天津港北疆港区C段智能化集装箱码头（以下简称“C段码头”）是引领世界港口智能化升级和低碳发展的中国范例，也是笔者本次采访的第一站。

来到北疆港区，只见碧海蓝天之间，涂满七彩元素的C段码头映入眼帘，正在繁忙运转的作业现场井然有序——12台自动化岸桥矗立，来自全球的巨轮上高效装卸着集装箱，92台智能水平运输机器人往来穿梭，42台自动化场桥运转自如……码头北侧，两台“大风车”（风力发电机）正迎着海风徐徐转动，为码头生产输送着源源不断的动力。

港口的碳排放主要源于装卸生产、辅助生产和附属生产过程中消耗的燃油和电力。大型码头日常装卸作业中使用的岸桥、场桥，散货用的门机等港口装卸设备耗电量都很高。往来运送货物的车辆更是耗能大户，多数依靠柴油提供动力。

在“双碳”战略背景下，从100%绿电供能到工艺布局的突破，从装卸流程可视化升级到能源消耗动态监测，天津港在建设世界一流绿色港口上阔步前行。

“这个码头是全球首个100%使用风电、光伏等绿色电能且自产自足的‘零碳’码头。在能源供给侧，码头通过多台风机发电和全国港口单体装机容量最大的光伏电站，由‘风光储荷一体化’系统实现绿电自主供应，助力码头运营全程零碳排放。”天津港集团安全环保部副总经理范景民介绍。而在能源消耗侧，天津港在固定设备和流动设备上进行了升级。场桥“油改电”，电动卡车、新能源卡车轮番“上岗”，逐步降低传统燃油机械或车辆的占比。

岸基供电的推广使用也在天津港提速。该港区持续推进岸电设施建设，目前已实现全部集装箱、干散货泊位岸电全覆盖，自有船舶100%使用岸电，来港船舶岸电100%应接尽接。据数据统计，天津港已投产风力、光伏发电系统装机容量达到4.25万千瓦时，年发绿电近9000万千瓦时，可节约标准煤约2.7万吨，年减少二氧化碳排放7.5万吨，相当于植树21万棵。

码头的工艺布局也处处体现着天津港对节能低碳的追求。

“我们码头可由自动化岸桥直接将集装箱吊到人工智能运输机器人上，机器人与外部集装箱卡车均可直接开进堆场，场桥只需2次吊装即可完成相关作业，在保证效率的同时，能够节能25%。”天津港第二集装箱公司副总经理孙彪介绍。

“核心的堆场‘水平布局’和‘边装卸’工艺，可在全球95%的传统人工码头复制推广。”孙彪表示，“智慧零碳”码头为世界集装箱码头智能化升级和低碳发展提供了最优的“中国方案”。

码头现场，只见人工智能运输机器人在岸边和堆场往来穿梭，自动化轨道吊吊起一个个集装箱。整个作业流程衔接紧密，而在这一过程中，看不到工作人员的身影。

孙彪介绍，码头上5G、北斗、人工智能大量应用，以智能水平运输管理系统连接智能闸口、自动化场桥、智能水平运输机器人、智能加解锁站、自动化岸桥全作业链，在全球同行业中，率先实现了水平布局自动化集装箱码头全流程自动化作业“完整版”。

前推、侧移、微调、锁扣、定位……在距离码头几百米的天津港第二集装箱公司智控中心，远程控制司机们紧盯屏幕上的超高清视频，熟练地进行着码头调度操作。“现在，我们只需在屋里动动操纵杆，就能完成集装箱装卸等作业流程。”现场工作人员说，较同规模传统集装箱码头，人员降低60%，减少集装箱作业倒运环节50%，不仅更加便捷安全，还提升了作业效率。

在天津港智能电力调控中心，各类数据直观展示在“综合能源服务平台”大屏上：大到年度综合能耗数据、新能源年发电量，小到某个灯杆、某台轨道桥的能耗……改变了传统人工录入的费时费力，如今能够自动采集、自动分析，清清楚楚、明明白白地展示出来。“了解到能源消耗在哪儿，才知道在哪儿可以做得更好。”天津港集团相关负责人表示，这些为天津港“双碳”规划提供了基础数据参考。

为了更好地进行大气保护，天津港还在港区范围内打造了生态环境大气智能监测平台，174个监测点对各个码头的空气环境进行24



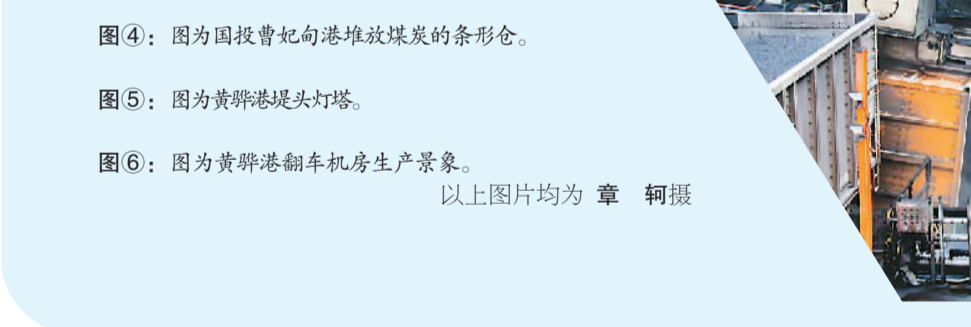
图①：图为天津港北疆港区C段智能化集装箱码头。



图②：图为天津港第二集装箱公司智控中心内，员工正在远程进行码头调度操作。



图③：图为船舶停靠在国投曹妃甸港的码头上。



图④：图为国投曹妃甸港堆煤的条形仓。

图⑤：图为黄骅港堤头灯塔。

图⑥：图为黄骅港翻车机房生产景象。

以上图片均为 章轲摄

小时动态监控，对港区污染源实时预警，助力港口低碳环保运营。

“一般来说，港口地区船舶产生的大气污染物排放量较大，会一定程度影响空气质量。但去年北疆港区的空气质量指数与天津城区基本相当，这源于我们对大气污染物排放的严格控制。未来我们会将低碳环保的理念贯彻到底，在港口经济高质量发展的同时守护好生态建设。”范景民说。

治污防生 能源大港变身“海岸花园”

提到“西煤东运、北煤南运”重要枢纽港口，位于河北省的黄骅港、曹妃甸港可谓是极具代表性。驱车前往这两个港口，笔者并没有看到想象中煤灰漫天的场景，相反，不管是港口作业区还是生活区，处处干净整洁，洋溢着绿色环保的气息。

“如今的黄骅港空气清新，到处可见蓝天碧水，可以说是煤港长出了花园。”河北省沧州市海事局局长刘波自豪地说：“大家跟着我到码头上看看，一定会大受震撼。”初夏时节，国家能源集团黄骅港务有限责任公司（以下简称“国能黄骅港务公司”）的装卸码头上海风阵阵，俨然一派“海岸花园”景象。

“想起2003年我刚到黄骅港工作时，工作服都是耐脏的蓝色，一天工作下来，脖领子都会变成黑色的。现在环境好了，穿着白衬衫上班，下班时还是洁白如新。”国能黄骅港务公司共享服务中心经理王霞告诉笔者。

黄骅港作为我国西煤东运、北煤南运第一

大黄金出海口，承担了北方煤港近30%的运量，每年约2亿吨煤炭从黄骅港下海输出。在吞吐量如此巨大的煤炭港口，港区干净整洁，设备高效运转，这得益于黄骅港多年来在本质抑尘技术、水资源利用和智慧化生产方面的不断耕耘与创新。

望着波光粼粼的大海，顺着主路前行，一座四方半圆顶的翻车机房出现在眼前。厂房里，4台每小时可卸煤8000吨的大型转子四翻式翻车机整齐排列。随着嘹亮的作业警笛响起，只见翻车机张开“怀抱”，一次“抱”住4节车厢，20秒内整体翻转约160度。随着煤炭倾泻进地下料仓，翻车机两侧喷出细密水雾，迅速抑制住翻腾起的煤尘。

“在煤炭进入漏斗后，我们自主研发的本质长效抑尘系统，在翻车机卸煤过程中进行分层洒水，实现粉尘颗粒的有效附着，使煤尘固化，实现了运输过程中的翻、堆、存、装船作业全过程粉尘控制，真正达到全流程抑尘效果。”国能黄骅港务公司生产三部副经理许宁介绍，在黄骅港，还有皮带机洗带装置，煤制饼、污水处理等一系列技术，实施“翻、堆、转”一整套粉尘治理工程，有效治理了生产现场粉尘排放和煤泥、煤污水无序排放的问题，从源头上抑制煤尘产生。治理后，生产现场粉尘抑尘率达到98%，较传统露天料场苫盖防尘工艺生产效率提升10%，每年节约相关成本近4000万元。

同时，港区区内还建有48座筒仓储存煤炭，形成最多可储存144万吨的世界最大储煤筒仓群，避免了堆取料作业过程产生扬尘。煤炭大港要变“绿”，除了要治理好煤尘污染，还要做好节水文章。

黄骅港区地处盐碱滩，淡水资源极其宝贵。

“煤炭港区每年生产用淡水370多万立方米，环保要求提升后，淡水使用量一度增长。”怀全说，“为了化解淡水难题，我们规划了‘三湖两湿地’，向大海、天空和科技要淡水。”通过收储压舱水、净化煤污水、承接“天上水”，生产用淡水九成自给自足，实现了降本增“绿”。

“港区内‘三湖两湿地’互联互通，可实现逐级沉淀、平衡存水、循环用水，资源利用实现‘最大化’，这些水都将逐步回用到生产中，每年可减少淡水使用成本1900余万元。”怀全介绍。随着生态环境的改善，港区“三湖两湿地”绿色景观不时引来白鹭光顾，成为飞鸟游鱼的栖息之所。

同为煤炭中转大港的国投曹妃甸港，也同样发生了沧海桑田的生态巨变。堆场封闭大棚、防风网的建设，成为港区推进煤尘抑制、减少污染的重要环保措施。

在国投曹妃甸港的堆场上，有钢网架结构的巨型条形仓，内部可堆存40万吨煤炭，能起到防风抑尘作用。“整个堆场能存放832万吨煤炭，可满足不同客户的单堆单放需求，这就好比为整个煤炭的吞吐打造了一个规模匹配的‘银行’。”国投曹妃甸港口有限公司副总经理蒋亮说。

“封闭大棚的使用，国投曹妃甸港是国内同类港口工程首例。”蒋亮介绍，在棚内结合堆场洒水对堆场起尘的抑制率可达99%以上，因此对于堆场设置条形大棚后静态起尘量可以基本忽略不计。

为有效控制港口煤尘对周边城区及海域的污染、节约除尘用水，国投曹妃甸港口有限公司在堆场东、北、南三侧与主体工程同时施工建设防风抑尘网，总长度约4670米，为单体项目国内建设最长的防风网。“若堆场四周

全部完成防风网布置，将使粉尘总量在现有环保基础上消减80%以上，同时将附近5公里范围内的煤炭粉尘环境影响程度减小70%以上，对港区附近的大气和水环境质量的影响降到最低，抑风抑尘效果明显。”蒋亮说。

国投曹妃甸港还利用智能感知系统对港区粉尘、风速、风向、温湿度、货物状态等数据进行监测，实时掌握环境数据，为港区环保生产提供决策支持；同时，运用智能生态运营平台将含水率测量与除尘系统结合，实时调整洒水除尘策略，将环保设备与生产设备运行状态相关联，根据环境、煤质、生产信息综合进行环保设备的闭环管理，提升港口环保应对能力。

协同治理 多元手段开展立体监管

为达成“航行更安全、海洋更清洁”的目标，海事部门一直高度重视并积极推动航运绿色低碳发展，采用多种现代化手段进行全方位、立体化监管。绿色港口建设能够交出亮眼的“成绩单”，海事部门功不可没。

“硫含量是我们监测的重要元素，进入我国沿海排放控制区的船舶使用的船用燃油硫含量不超过0.5%。”渤海之滨，天津东疆海事局危防中心执法人员姚倩倩告诉笔者。正说着，她操纵的船舶尾气嗅探无人机腾空而起。伴随着一阵急速的“嗡嗡”声，无人机飞行至目标船舶尾部，对船舶尾气排放数据进行遥测。“采用船舶尾气嗅探无人机，每小时可快速筛查10艘船舶，效率是传统登船筛查的5倍。”姚倩倩说。

利用无人机进行船舶尾气遥测，只是海事部门进行船舶污染监管的一个缩影。近年来，我国海事部门坚持“污染控制、生态保护、风险防范”协同推进，在立法执法、联防联控等多方面加大力度，为绿色港口建设保驾护航。

为全面构建京津冀船舶污染防治的“海上长城防线”，天津、河北两地海事局纷纷制定规章条例，使污染防治、环境管理有章可循。

“在船舶污染风险防范方面，我们建立了天津港船舶污染风险清单，梳理形成船舶污染防治类风险源173条，其中重大风险16条，中低风险11条，一般风险146条。”天津海事局危防处副处长王和平告诉笔者。天津海事局在调研天津港口发展需求的基础上，制定了助力建设“世界一流智慧港口、绿色港口”8项举措，包括船舶航行计划报告“零待时”、提升天津港溢油应急能力、持续开展船舶污染防治工作等。

河北海事局危防处顾宝琦介绍，近年来，河北海事局立足航运发展形势和海事监管实际，推动《河北省防治船舶污染海洋环境管理办法》《河北省港口污染防治条例》发布实施，船舶污染防治形成了“水气共治、陆海统筹”的综合治理体系。

随着技术设备的更新迭代，监管手段也在不断完善，监管模式、监管品牌的创建为实现全方位、全天候的污染防治提供了海事方案。

“以前，监管工作范围小、时段窄，监管的现实成效与预期效果存在一定差距。现在启用了‘陆海空天’一体化船舶大气污染防治监管模式，问题迎刃而解。”姚倩倩说，现在使用岸基嗅探系统、海巡船移动尾气嗅探系统、无人机搭载嗅探设备、船舶AIS定位跟踪、现场快检设备5种方式，利用船舶尾气遥测及大数据分析平台的智能化分析比对，就能实现对船舶大气污染防治的精准监测。目前，天津实现了对出港船舶尾气监管100%覆盖。

作为四季皆宜的海滨旅游休闲胜地，河北省北戴河每年吸引着大量的全国游客，穿梭如织的旅游船舶在给游客带来欢声笑语的同时，也给河北沿海绿色发展带来了压力。面对繁重的船舶污染防治监管任务，“碧海长城”船舶污染防治特色品牌应运而生。

“海事人员利用遥感卫星、无人机、溢油雷达及视频监控设备等多种远程监视手段，织密船舶污染‘陆海空天’监控网络，尽全力守护好以北戴河为中心的碧海蓝天和金沙银滩。”顾宝琦说。

近年来，渤海海上石油开发和航运业快速发展，重大海上溢油事故风险也随之上升，考验着海事部门的应急响应与处置能力。政府溢油应急力量与社会应急力量的联防联控、强强联合，为解决海上突发事故提供了有力保障。

在政府、企业、社会中寻找共同点，天津海事局推动成立了全国首家船舶防污染服务行业协会，促进海上污染应急能力建设形成合力。

“截至目前，已有相关科研机构、港航企业、防污染设备生产厂家、法律咨询机构和船舶防污染作业单位等100余个成员单位加入，营造了社会广泛参与海上污染应急的氛围。”天津市船舶防污染协会秘书长赵俊颖说。

相较于天津，河北省则更注重凝聚周边省份的力量。2021年6月3日，河北海事局秦皇岛海上溢油应急反应中心、山东海事局烟台溢油应急技术中心、中国石海上应急救助响应中心、中海石油（中国）有限公司天津分公司应急指挥中心正式签订了“2+2”海上溢油应急协作机制。

“针对可能造成社会重大影响的海上溢油事故，4个成员单位通过指挥协调、信息互通、队伍协同、资源共享、文化共建等5个方面深入合作，形成了环渤海海上溢油应急一体化的‘大应急’格局。”顾宝琦说。

在碳达峰、碳中和背景下，绿色智慧转型成为港口高质量发展的必由之路。中国物流学会副会长、大连理工大学教授鲁渤指出，绿色港口的建设需要政府、港口企业、行业协会等机构之间的高水平协调，尤其是政府在引导绿色港口理念以及建设绿色港口的过程中发挥着重要作用。当前，我国港口产业的发展已经进入绿色智慧转型快车道，为此我国港口需要进一步健全节能减碳政策机制，推动能源利用效率的大幅提升，实现港口绿色、智慧、安全发展。