



# 我国北方散货港口绿色提升改造难点研究\*

赵颖慧，褚广强，陈刚，郑天奇，于悦

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

**摘要：**针对我国北方地区散货港口所面临的淡水资源匮乏、暴雨季堆场内涝、粉尘污染、噪声污染等难点问题，进行散货港口绿色提升改造研究。以散货港口所面临环境问题为导向，基于绿色设计理念，归纳总结出绿色提升改造方向。结合工程案例提出绿色提升改造具体方案，通过新建生态蓄水池构建港口水循环系统，可实现港区 2 a 一遇暴雨强度下雨污水的全收集、全处理、全回用；通过全过程污染控制，可有效降低港区粉尘浓度和噪声值。

**关键词：**散货港口；绿色提升改造；水循环系统；粉尘污染防治；噪声污染防治

中图分类号：U 652

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2023)02-0069-05

## Difficulties in green upgrading and transformation of bulk cargo ports in north China

ZHAO Ying-hui, CHU Guang-qiang, CHEN Gang, ZHENG Tian-qi, YU Yue

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** The bulk cargo ports in north China face many difficulties, such as the lack of freshwater resources, waterlogging in the storage yard during heavy rain seasons, dust pollution, and noise pollution. Considering this, this study focuses on green upgrading and transformation of bulk cargo ports. Guided by the environmental problems confronted by bulk cargo ports, this study summarizes the direction of green upgrading and transformation of bulk cargo ports on the basis of the green design concept. By referring to an engineering case, this paper proposes a specific scheme in this regard. Specifically, a new ecological reservoir can be constructed to establish the port water circulation system, which can realize the full collection, total processing, and full reuse of rainwater and sewage in the port area under the intensity of rainstorms once in two years. The whole-process pollution control can effectively reduce the dust concentration and noise value in the port area.

**Keywords:** bulk cargo ports; green upgrading and transformation; water circulation system; prevention and control of dust pollution; prevention and control of noise pollution

党的十八大以来，国家大力推进生态文明建设和低碳社会发展，对深入推进绿色港口建设提出了更高要求。我国尚未开发利用的岸线资源稀缺，新建港口数量已屈指可数，新时代背景下，港口建设发展的重点工作主要在于港口的升级和改造，通过提升港口岸线利用效率、升级港口落后技术、改造基础设施、改善港口环境以逐渐升级为符合新一代生态文明建设和低碳社会发展要

求的绿色港口。

在推行绿色港口建设方面，国外典型港口起步较早，取得了显著成效，其实践经验主要包括在港口规划中融入环境和生态保护理念；重视环境规划，综合考虑社会、经济和环境因素；港口建设和运营中注重环境管理、污染治理、资源利用和信息化建设，形成可持续发展模式；建立完善的绿色港口政策和管理条例；加强绿色港口基

基础设施建设<sup>[1-2]</sup>。

我国关于绿色港口的研究和探索开展相对较晚。最初港口的环境建设大都停留在港区绿化、污染治理方面，对于港口经济发展模式的选择、节能减排措施的实施以及港口环境管理体系的建设等方面认识不足，部分港口的快速发展超过了区域资源环境的承载能力。近年来，上海港、天津港、青岛港等沿海港口在绿色港口运营和基础设施建设方面积极探索并取得了一些成果。对于污染较为严重的大宗散货港口，绿色港口建设任务更为艰巨，国内学者主要从粉尘防治、水资源利用和景观提升研究着手，探索绿色港口建设路径<sup>[3-6]</sup>，但目前研究成果尚缺乏系统性和针对性。尤其对于我国北方散货港口，因具有季节性降雨、水资源匮乏等特点，所面临的问题更具特殊性和复杂性。为解决这些问题，本文基于大量调研和理论研究，结合工程实例，创新性提出我国北方散货港口绿色提升改造设计思路和具体工程方案。

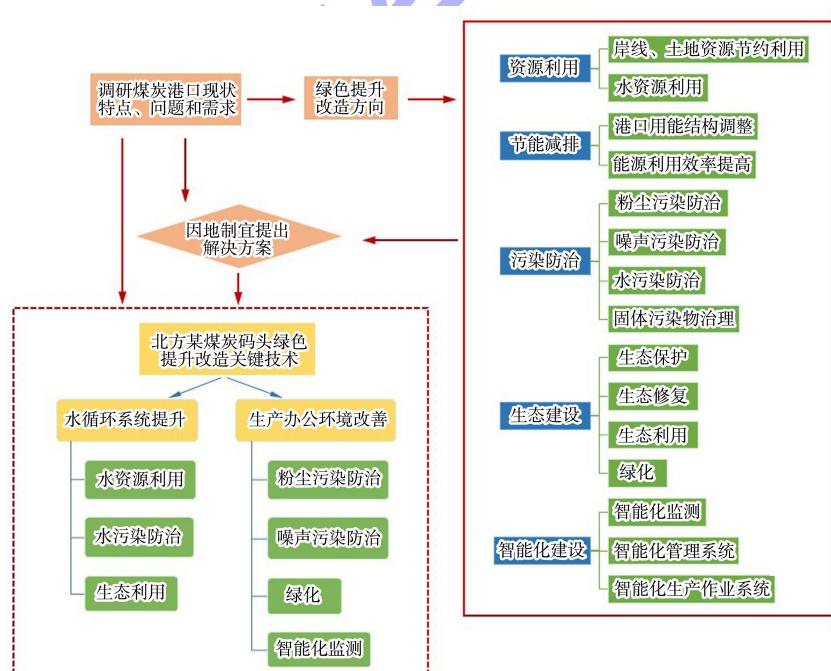


图 1 散货港口绿色提升改造设计思路

本文所研究的北方某煤炭港口，亟需解决暴雨季雨污水排放和生产办公环境问题，因此从如何解决雨污水收集问题出发，辅以生态手段，研

## 1 散货港口绿色提升改造设计思路

同新建港口不同，港口绿色提升改造需要在现状基础上实施，问题复杂琐碎，并受到港口正常生产运营作业的限制。因此首先需要对港口对象进行深入和充分的调研，包括港口特点、问题和需求，以问题为导向寻求解决措施，结合绿色提升改造的主要方向，因地制宜提出设计方案。煤炭、矿石等大宗散货港口属于水、粉尘和噪声污染较为严重的港口类型，港内生产作业环境较为恶劣，需要重点进行绿色提升改造。

结合我国北方目前已建的煤炭、矿石等散货港口存在的突出问题，包括岸线和用地紧张、清洁生产用水量大、新能源利用率低、能耗大、粉尘污染严重、噪声污染严重、雨季堆场积水严重、智能化手段落后等问题，归纳总结出绿色提升改造的 5 个方向，包括资源利用、节能减排、污染防治、生态建设、智能化建设。其中生态建设和智能化建设是对前 3 个方面的有力支撑。具体设计思路见图 1。

究如何提升港区的水循环系统；从粉尘和噪声根源出发，梳理各关键节点，辅以绿化和智能化手段，研究粉尘和噪声污染防治方案。

## 2 工程实例

### 2.1 工程现状

该港最早于2009年投产运营, 共10个煤炭装船泊位, 最大15万吨级, 堆场面积约166万m<sup>2</sup>。历经10余年发展, 港口在取得良好效益的同时, 也面临着暴雨季堆场煤污水积水(图2)、生产作业区粉尘和噪声污染严重、路面积尘扬尘、港区绿化率和植物成活率较低等问题。为适应我国当前绿色港口建设的发展趋势, 需进一步改善港口生产作业环境现状。



图2 北方某煤炭港口堆场现状

### 2.2 水循环系统提升改造

该煤炭港位于我国北方, 降水季节性变化明显, 月平均降水量169.3 mm, 月最大降水量394.8 mm; 降水多集中在6—9月, 占年降水量的75%, 其中7月降水量最大, 12月—翌年3月是干旱季节, 4个月的降水量仅为年降水量的3.5%。该港6—9月雨季面临港区北部内涝、堆场积水严重的问题, 严重影响港区正常生产作业, 主要原因是在国家环保政策严格要求下, 港区雨

水排海口已全部封堵, 原设计排水标准偏低, 港区的污水蓄水池容量和污水处理能力远远不能满足雨季期间港区排水需求。另外, 该地区属于典型的北方缺水性地区, 多年平均降雨量为554.9 mm, 多年平均蒸发量为1640 mm, 而目前港内仅有2座沉淀池, 无专门雨水回用设施, 因此也面临水资源节约利用的较大压力。

为解决雨季内涝积水, 同时缓解水资源匮乏问题, 分析总结新建污水处理场和人工湿地全部收集、处理和回用港区含尘污水的成功经验<sup>[7]</sup>, 通过现场调研, 提出利用该港东南角与相邻港口防波堤围成的低洼地建造生态蓄水池的设计思路, 形成系统的港区水循环方案, 在收集、沉淀和过滤、存储、处理4个功能方面进行改造提升, 实现港区排涝及循环用水。

1) 新建生态蓄水池, 解决内涝蓄水及水资源再利用问题。

利用港区东南角低洼地新建生态蓄水池, 长639 m、宽65 m。生态蓄水池分沉淀区和人工湿地区2大部分, 集处理、调蓄、晒泥、景观于一体, 可在2 a一遇暴雨强度下实现港区雨水的全收集、全处理、全回用。雨污水经生态蓄水池处理后, 悬浮物浓度预估可控制在50 mg/L。处理后的雨污水接入港区中水泵站, 全部在港内回用。生态蓄水池平面布置见图3。



图3 生态蓄水池布置

本工程堆场含煤雨污水的主要污染物为煤粉颗粒悬浮物, 浓度约为900 mg/L, 且不易沉淀, 因此采用表面流人工湿地。植物选用当地常见植物芦苇, 芦苇湿地在国内外污水处理及生态治理中应用普遍且效果显著, 具有耐污能力强、净化效果好、耐寒耐高温、景观效果好等特点。秋冬季期间港区雨污水量相对较小, 堆场内沉淀池即可满足港区污水处理需求, 生态蓄水池停止使用

(今后可考虑用于处理压舱水)。

2) 新建及改建排水设施, 解决雨季港区及时排水问题。

在现有雨水排海口新增4座雨水提升泵站, 将雨水提升至新建的生态蓄水池内, 保证暴雨情况下辅建区及道路区雨水及时排出。对堆场沉淀池的现有2处排水泵站进行改造、新增1处排水泵站, 在暴雨情况下将堆场内雨水输送至生态蓄

水池内，以解决堆场内涝问题。

### 2.3 辅建区环境改善

因后方辅建区部分单体拆迁，需要将港区部分辅助生产生活单体移建至堆场附近的前方辅建区，而该场地与煤炭堆场及带式输送机相邻，粉尘污染和噪声污染较为严重，生产办公环境较为恶劣。结合现状情况，从控制污染源头、优化场地自身环境等方面出发，进行生产办公环境改善问题研究。

#### 2.3.1 粉尘污染防治

该港已通过建设条形仓和堆场封闭式防风网改善粉尘污染，但因条形仓等封闭措施投资成本较大，全堆场建设条形仓存在困难；且防风网不能捕捉漂浮在空气中的粉尘，对于不断有扬尘产生的生产作业区，其抑尘作用有限。因此需要从起尘源头、起尘点、起尘路径等整个起尘过程进行研究。

1) 有效控制煤炭含水率，将煤炭湿度控制在难于起尘的范围内。

煤炭在港口转运、储存过程中少起尘、不起尘的关键是有效控制煤炭的含水率，根据相关标准要求，煤炭堆存时堆垛表面含水率不宜低于6%<sup>[8]</sup>。按照国内外先进港口粉尘治理经验，煤炭的外水含水率控制在6%~8%的范围既可以减少起尘，又可以保证煤炭的品质、便于生产运输不粘料。

为分析该港煤炭外水含水率最佳控制率，在翻车机下方出料带式输送机上设置在线煤品水分检测仪，在翻车机多个给料机的给料点设置洒水除尘装置，通过智能洒水抑尘系统对在卸煤炭历史数据的分析、结合水分实时数据以及各个给料点物料供给情况，动态控制洒水量，得出煤炭的外水含水率适宜控制在7%的水平，既可改善翻车机下方皮带受料处的起尘，同时又为后续各个转运环节控制煤炭起尘打下基础。

2) 通过分析起尘原理，研究针对性强的减尘、抑尘设备改进方案，减少粉尘产生和外溢。

物料与物料以及物料与设备之间碰撞是产生粉尘的源头。针对带式输送机物料转接情况、回程粘料和粉尘吸附、转接机房除尘系统、转运站清洁、大机设备撒料起尘等问题进行研究，提出

以下解决方案：①改善带式输送机物料转接情况，包括在其头部漏斗处设置集流导流装置，溜管采用中部圆形、下部梯形的断面结构形式等具体措施；②为有效减少皮带回程粘料和粉尘吸附，在带式输送机卸料滚筒回程段设置刮料装置或皮带水清洗装置；③将转接机房目前采用的洒水除尘系统改造为干雾除尘系统，并将目前的布袋除尘系统作为辅助应急手段；④将转运站区域形成封闭的维护区，利用集水坑或集水沟进行冲洗污水的初级沉淀；⑤装船机、堆取料机转运过程中的煤炭洒落、起尘问题和带式输送机物料转接、回程粘料相关，解决方案与此2项内容相同。

3) 从面层结构入手，解决道路及场地区域产生的二次起尘问题。

该港道路和堆场普遍采用联锁块面层，煤渣、煤尘集聚后不便清理，大风或者车辆通过时易引起地面二次扬尘，可将联锁块路面改造为沥青柏油路面，便于道路清扫和清洗。针对堆场空地，包括堆场料堆端部及带式输送机沿线地面区域，可将连锁块面层改造为混凝土大板面层，日常加强清扫。同时增设车辆清洗设备、道路专用吸尘车，采用车辆限速、装载货物遮盖等措施降低道路二次起尘的产生。

4) 种植适宜当地生存和养护的多功能防护林。

在道路两侧及辅建区周边种植防护林，采用乔木和灌木组合方式，选择既可防尘，又能减轻噪声污染、抗二氧化硫和氯气等有害气体、抗海风、适合北方生长的树种。结合当地植物成活率及日常养护方便性，选择紫穗槐、白蜡、紫叶小檗、大叶黄杨等植物。

通过采用上述提升改造措施，前方辅建区粉尘在标准条件下浓度可由2.0 mg/m<sup>3</sup>以上降至0.7 mg/m<sup>3</sup>以下。

#### 2.3.2 噪声污染防治

港口前方辅建区一侧与堆场相邻，一侧是本港及相邻港口的多条带式输送机，一侧临近码头，建筑单体受噪声影响严重，噪声值在70 dB以上，因此需要从噪声源、噪声传播途径、噪声受体3个层面控制噪声污染。

1) 噪声源从大环境层面进行控制。港内各类设备众多, 不同类型的机械产生噪声及振动的原理不同, 需要针对性的防治。针对设备的电机噪声, 优先选择低噪声电机, 具备条件的可安装隔声罩; 采用低噪声托辊; 对于带式输送机系统高落差物料转接点进行曲线溜管改造等。针对装卸撞击噪声, 在保证码头设备正常工作的前提下, 可在撞击面上安装隔振元件。

2) 噪声传播途径从局部环境层面进行控制。在辅建区周边设置乔灌绿化隔离带, 与多功能防护林统一考虑。针对办公、生活单体重点防护区, 周边再单独设置乔灌草绿化隔离带。

3) 噪声受体从建筑自身层面进行防护。尽量降低建筑物高度, 采用隔声门窗和墙体结构, 有必要的单体设置隔音屏障。

通过采用上述提升改造措施, 前方辅建区噪声值预估可控制在 60 dB 以下。

### 3 结语

1) 系统性提出资源利用、节能减排、污染防治、生态建设、智能化建设的港口绿色提升改造方向和设计思路。

2) 结合工程实例, 提出结合人工湿地建设生态蓄水池、提高堆场排水设备能力的改造方案, 在暴雨季实现港区雨污水的全收集、全处理、全回用, 从而提升港区的水循环系统。

3) 结合工程实例, 提出改善辅建区环境的具

体措施。在粉尘污染控制方面, 将煤炭湿度控制在难于起尘的水平、对带式输送机等设施设备进行减尘和抑尘改进、降低二次起尘、种植多功能防护林, 从而在起尘源头、起尘点、起尘路径的全过程进行粉尘污染控制。在噪声污染控制方面, 对产生噪声的机械设备进行隔振降噪改进、利用绿化带隔离噪声传播途径、提升建筑自身隔声性能, 从而在噪声源、噪声传播途径、噪声受体的全过程进行噪声污染控制。

### 参考文献:

- [1] 鞠美庭, 方景清, 邵超峰, 等. 港口环境保护与绿色港口建设[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 197-206.
- [2] Sydney Ports Corporation. Green port guidelines[S]. Australia: Sydney Ports Corporation, 2006.
- [3] 汪大春, 黄骅港粉尘治理技术研究[J]. 神华科技, 2017, 15(5): 89-92.
- [4] 陶鹏, 王丹. 露天煤炭堆场防风抑尘集成技术研究[J]. 水运工程, 2011(9): 159-161, 164.
- [5] 张广元. 现代煤炭港口污水循环利用技术的应用与展望[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(17): 128-129.
- [6] 关坤, 刘磊磊, 洪宁宁, 等. 专业化煤炭码头绿色港口建设路径研究[J]. 交通节能与环保, 2021, 17(6): 37-40.
- [7] 褚广强, 彭玉生, 胡家顺, 等. 大连港矿石专用码头工程设计优化与创新[J]. 水运工程, 2006(10): 64-69.
- [8] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 煤炭矿石码头粉尘控制设计规范: JTS 156—2015[S]. 北京: 人民交通出版社有限公司, 2015.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 43 页)

- [4] XU X B, XU G H, YANG J J, et al. Field observation of the wave-induced pore pressure response in a silty soil seabed[J]. Geo-marine letters, 2021, 41(1): 13.
- [5] WANG S H, WANG P D, ZHAI H L, et al. Experimental study for wave-induced pore-water pressures in a porous seabed around a mono-pile[J]. Journal of marine science and engineering, 2019, 7(7): 237.
- [6] 常方强, 贾永刚. 黄河口粉质土海床液化过程的现场试验研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(1): 121-126.
- [7] 吕豪杰, 周香莲, 王建华. 波浪荷载作用下桩周土体孔隙水压力试验研究[J]. 上海交通大学学报, 2018, 52(7): 757-763.

- [8] ZHANG Q B, ZHAI H L, WANG P D, et al. Experimental study on irregular wave-induced pore-water pressures in a porous seabed around a mono-pile [J]. Applied ocean research, 2020, 95: 102041.
- [9] 胡翔, 陈锦剑. 波浪荷载下海底单桩与土共同作用的数值分析[J]. 岩土工程学报, 2015, 37(S2): 217-221.

(本文编辑 王传瑜)