



绿色港口规划设计思路

谭 凤, 马小江, 李大功, 李元青

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 交通运输部等九部门《关于建设世界一流港口的指导意见》对港口的绿色发展水平提出更高要求, 港区绿色规划发展与改造升级迫在眉睫。以日照某发展中港区为例, 对标生态环保与节能低碳两大内容, 探索港口绿色规划设计思路。通过调整产业布局、加速公转铁、散改集功能实现, 减缓港城矛盾, 实现港城融合发展; 通过对污染物实行源头减排、过程阻断、末端处理的全流程治理措施, 借助监测及效果评估来达到污染防治的效果; 通过雨水资源收集与循环利用, 达到治污与节水同步。从港口功能布局、集疏运一体化水平及环保措施等多维度来实现港口绿色发展, 可为类似港区绿色发展提供参考。

关键词: 功能调整; 污染防治; 资源利用

中图分类号: U 65; TU 98

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)10-0104-07

Planning and design ideas for green port

TAN Feng, MA Xiao-jiang, LI Da-gong, LI Yuan-qing

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

Abstract: A higher requirement for higher-level green ports is set forth according to *The Guidance on the Construction of World-class Port* issued by nine departments including the MOT, and the planning, development, transformation and upgrading of green port areas are imminent. Taking a developing port area in Rizhao as an example, the two main elements, i.e. ecological and environmental protection and energy saving and low carbon, are benchmarked to explore the idea of green planning and design for the port. By adjusting the port function layout, speeding up highway to railway transport and developing dry bulk container transport, the contradiction between the port and city is alleviated and integrated development of port and city is achieved. By the whole process treatment measures including pollutant emission reduction, process blocking and terminal treatment, and with the help of monitoring and effect evaluation, the pollution prevention and control are realized. Through the collection and recycling of rainwater resources, pollution control and water saving can be achieved simultaneously. The green port development is realized from multi-dimensional aspects such as the port's functional layout, the integration level of the collection and distribution, and environmental protection measures, which can provide reference for the green development of similar port areas.

Keywords: function adjustment; pollution prevention and control; resource utilization

2019年以来, 国家先后发布了一系列有关交通强国、建设世界一流港口、海运业高质量发展、内河航运发展等行业指导性文件, 对港口的服务品质、安全、绿色、智能、规模化、集约化、专业化等提出高质量发展要求, 在生态优先、保护

优先的新形势下, 绿色港口规划发展与改造升级迫在眉睫。

绿色港口发展日益受到国内外重视, 亚太、北美、欧洲及我国均发布了相应的绿色港口评价体系^[1]。绿色港口又称生态港口, 它以港口生态

环境保护及实现良好经济效益为双重目标, 将绿色发展的理念贯穿于港口全生命周期, 并通过采取节约资源、保护环境、应对气候变化等技术和管理措施来实现。为了促进绿色港口发展, 我国制定了相关政策、法律法规、标准规范, 开展绿色循环港口申报及绿色等级评选等活动。上海港、宁波舟山港、深圳港等港口公司已在积极推动绿色港口建设与发展。

绿色港口设计多针对单一的码头工程, 针对大型综合港口作业区的范例较少。日照港某作业区主要货种包括大宗散货(煤炭、铁矿石、镍矿)、集装箱、件杂货(钢卷、木材)等, 功能复杂, 矛盾突出。笔者以日照港为例, 对标 JTS/T 105-4—2020《绿色港口等级评价指南》^[2]中生态环保与节能低碳两大内容, 重点从港区功能布局调整、污染防治、雨水资源收集与循环利用等方面论述港口的绿色发展要求及解决方案, 可为类似港口绿色发展提供参考。

1 发展现状及需求

日照港某作业区现有泊位 11 个, 其中 20 万吨级 2 个、10 万吨级 1 个、7 万吨级 2 个、5 万吨级 2 个、2 万吨级 1 个、1 万吨级 1 个、5 000 吨级 2 个, 除 1 个 20 万吨级的专业化散货泊位外, 其余均为通用泊位(图 1)。泊位总设计通过能力 1 651 万 t/a, 2019 年实际吞吐量 7 763.3 万 t, 其中, 8 个泊位利用率超 80%, 最高达 92.4%。各泊位装卸货种较为分散(图 2)(以 2#、6#泊位为例), 现作业货种包括铁矿石、镍矿、煤炭、木材、粮食、钢材等散杂货。在建 12#、16#泊位为 15 万吨级通用泊位, 设计通过能力 1 050 万 t/a; 拟建 17#泊位为 20 万吨级散货专业化泊位, 设计通过能力 850 万 t/a; 拟建 18#、20#、22#泊位分别 2 个 10 万吨级、1 个 2 万吨级(结构 20 万吨级)通用泊位, 设计通过能力 850 万 t/a。码头堆场未按货类分区, 分布较散。目前, 铁路运能 800 万 t/a, 2019 年铁路疏港 474 万 t, 铁路集港 7 万 t, 铁运占比仅为 6.2%。



图 1 港口作业区现状

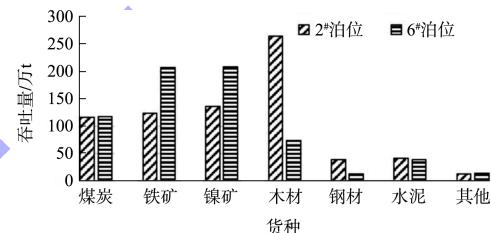


图 2 2019 年 2#、6#泊位装卸货种分布

预测作业区 2025 年总吞吐量 1.155 亿 t, 其中, 煤炭 2 100 万 t(上水 1 900 万 t, 下水 200 万 t); 铁矿石 4 200 万 t(上水 3 800 万 t, 下水 400 万 t); 镍矿 1 700 万 t, 均为上水; 其他金属矿石 50 万 t; 粮食 500 万 t; 钢材 700 万 t; 木材 900 万 t; 集装箱 800 万 t(50 万 TEU); 水泥及制品、矿建材料及其他散杂货共 600 万 t。

2 绿色港口规划设计方案

2.1 港区功能布局

2.1.1 面临的问题

日照港作业区现有泊位利用率偏高, 泊位能力紧张、吨级偏小; 现有泊位作业货种多而散, 不便于集中管理与控制; 作业区缺少集装箱装卸及运输功能; 铁路集疏运水平低, 公路运输压力大。

为解决以上问题并落实国家绿色港口等新发展要求, 通过科学、节约、集约利用岸线及堆场资源, 实现可持续发展; 调整优化港区功能布局, 基于不同货类运量预测和未来发展需要, 将码头

及堆场合理分区，集中布置，提升工艺水平，促进港口规模化、专业化、现代化发展；加快建设铁路，完善海铁联运、水水转运等多式联运体系，提高集疏运一体化水平；通过公转铁、散改集、北集南散多方式相结合，促进港城融合协调发展；优化港内交通流组织，节能增效。

2.1.2 调整方案

中区：该区紧邻城区，发展以件杂货为主的清洁型货类作业区及粮食仓储区。

西区：发展以镍矿、煤炭大宗散货“散改集”及集装箱作业为主，逐步形成以“散改集”“公转铁”“水水转运”为主的绿色集疏港体系。

东区：铁路北侧发展木材，紧邻木材熏蒸区；铁路南侧发展以铁矿石、煤炭大宗散货专业化、流程化作业为主，逐步形成以“铁水联运”“水水转运”为主的绿色集疏港体系。

将港口作业区重新划分为专业化集装箱作业区(8#、10#泊位)、专业化粮食作业区(9#泊位)、专业化铁矿石作业区(15#、17#泊位)、专业化煤炭作业区(19#泊位)、木材作业区(东区铁路北侧泊位)、通用件杂货作业区(除木材外的其他件杂货，6#、2#、1#、3#、5#、7#泊位)、镍矿作业区(12#、16#、18#、20#泊位)、通用散货作业区(11#、20#泊位)共8个码头作业区，西区西侧及东区南侧预留岸线将重点发展水水转运。此外，港内还布置铁路区、港内道路、辅建区等(图3)。



图3 港口作业区功能调整

2.1.3 铁路建设方案

打通铁路集疏运体系最后一公里，新建南一场和南二场(图4)。其中，南一场有3个装卸区，各设2条装卸线；南二场北侧设置1个装卸区，南侧设置装车楼为主的大宗散货装卸区。为归顺港内车流组织，拆除现有煤专线、港三线，将粮食专线进行扩建延伸。铁路总设计年输送能力6 000 万 t/a。



图4 港口作业区铁路布置

2.2 污染防治

综合性港口污染防治是一个系统工程，具有成因复杂、污染类型多、治理难度大的特点，因此在污染防治过程中，需要按类别分析污染成因，结合环境现状解析污染源、制定防治措施，开展污染防治设计，并进行工程监测评估，从而实现绿色港口科学规划与设计。

本作业区紧邻市区，环保督察压力较大。污染类别可划分为水污染、大气污染、噪声污染及固体废弃物污染。其中，水污染包括含尘雨污水、生产污水(喷洒废水)、生活污水、到港船舶污水、压舱水等；大气污染包括粉尘污染及废气污染等；固体废弃物污染包括生活垃圾、一般工业固废及危险废物。

2.2.1 水污染防治与利用

污水防治目标：污水零排放，即实现污水的全收集、全处理、全回用。

含尘雨污水具有污水量大、时空变化复杂、污染物浓度高等特点，处理按照“分区收集、分

类处理、优先回用”的原则, 设置排水沟、储水池、处理站及加压泵站。

大宗散货采用汽车运输时, 为避免产生扬尘, 车辆出场须经洗车台洗车, 洗车水利用处理后的雨污水, 洗车后的废水收集返回处理站处理, 循环利用。

各类道路、堆场的日常洒水大部分蒸发耗散, 少部分接入含尘雨污水处理系统。

生活污水处理采用分区收集、就地处理、就近回用的措施, 其典型处理工艺流程: 生活污水→化粪池→地埋式 A²O+MBR 设备→深度处理→消毒池→回用水池→回用。

到港船舶的油污水和生活污水经专门船只接收。船舶压舱水优先在公海排放, 须在近海换水进港。

作业区日常生产过程中需要大量的水源, 除对雨污水进行收集、处理及回用外, 结合港区的生产需要发展海绵港口, 增加清洁区雨水收集及处理能力, 建设更多的储水及处理设施, 进一步保护和利用水资源。

2.2.1.1 雨水收集、处理及利用

散货堆场的含尘雨污水处理是港区水污染防治的关键。将作业区分为西、中、东 3 区, 各区根据雨污水特征不同, 分为散货堆场区雨污水及非散货堆场区雨污水。散货堆场区的雨污水量按照设计重现期为 2 a 一遇的日降雨量 106.1 mm 计算; 非散货堆场区的雨污水收集量按照初期 8 mm 降雨量计算, 为保护和利用水资源, 增加清洁区雨水收集及处理能力, 非散货堆场区的总雨水收集量按照 57 mm 计算。

1) 集水池规划。作业区集水池的规划以靠近污水量大的散货堆场为选址依据, 周边非散货堆场初期雨水可就近排入, 其中, 中区共规划建设 2 座集水池, 容积分别为 1.8 万、1.2 万 m³; 西区

共规划建设 3 座集水池, 集水池容积分别为 1.8 万、1.2 万、1.2 万 m³; 东区共规划建设 3 座集水池, 容积分别为 0.2 万、1.8 万、1.8 万 m³。

2) 污水处理站规模。根据雨污水特征不同, 在西、中、东区共规划建设 5 座污水处理站。其中, 中区 1 座, 处理站规模为 0.7 万 m³/d; 西区 2 座, 处理站规模分别为 1.0 万、0.7 万 m³/d; 东区 2 座, 处理站规模分别为 1.0 万、0.7 万 m³/d。

3) 雨污水系统及工艺。雨污水系统以混凝沉淀-过滤为核心处理工艺, 通过调研国内部分港口雨污水处理设备使用情况, 得知普遍存在下述问题: ① 港区不同建设期的雨污水系统缺乏系统性、连续性, 部分使用年限较长的雨污水设备缺乏维护, 失效严重; ② 原有的处理设备出水水质不稳定、无法满足最新的回用、排放标准, 对回用水单元产生不良影响, 如铁矿石污水按照原有设计处理后用于洗车, 导致车体表面腐蚀。本作业区雨污水处理系统采用脱色、混凝沉淀、连续过滤等多种工艺相结合, 提高处理出水标准, 保障出水的稳定性。以铁矿石堆场为例, 其污水处理工艺系统见图 5, 每个处理站均采用自动化控制。主要流程如下: ① 调节 pH 值: 铁矿石区域的含尘雨水因铁矿石浸泡往往呈现酸化, 且 Fe³⁺、Fe²⁺溶出导致色度超标, 因此采在调节池内投加石灰进行 pH 值调节及脱色, 调节池内置搅拌设备; ② 混凝沉淀-过滤: 污水经调节 pH 值后, 投加混凝剂, 采用旋流分离设备进行固液分离, 上清液流入连续流砂过滤器进行深度处理, 确保出水各项主要指标合格; ③ 消毒、回用: 经处理合格的出水采用氯消毒后进入回用水池, 处理出水达标后回用堆场喷淋、绿化用水或达标排放; ④ 污泥脱水系统: 集水池、调节池、旋流分离器等处理设备排泥集中采用板框压滤机进行脱水处理。

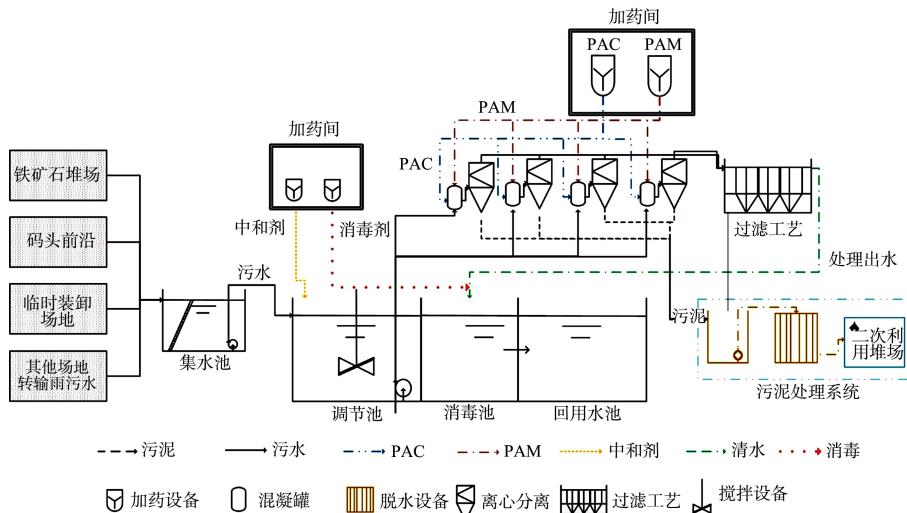


图 5 铁矿石污水处理工艺

2.2.1.2 水资源管理系统

新建水资源管理系统用于港区水资源的集中管理, 它将港区各类供水单元、用水单元、收集单元、处理单元、回用单元等进行集中智能化管理, 将监测到的环境参数、气象参数, 构筑物内

的流量、液位、流速、水质参数等实时传递至管理平台, 平台根据生产需要, 对设备进行控制, 包括补充水源、开启/关闭洒水、启/停处理设备等操作, 从而提高港区水污染治理的智能化程度。其管理流程见图 6。

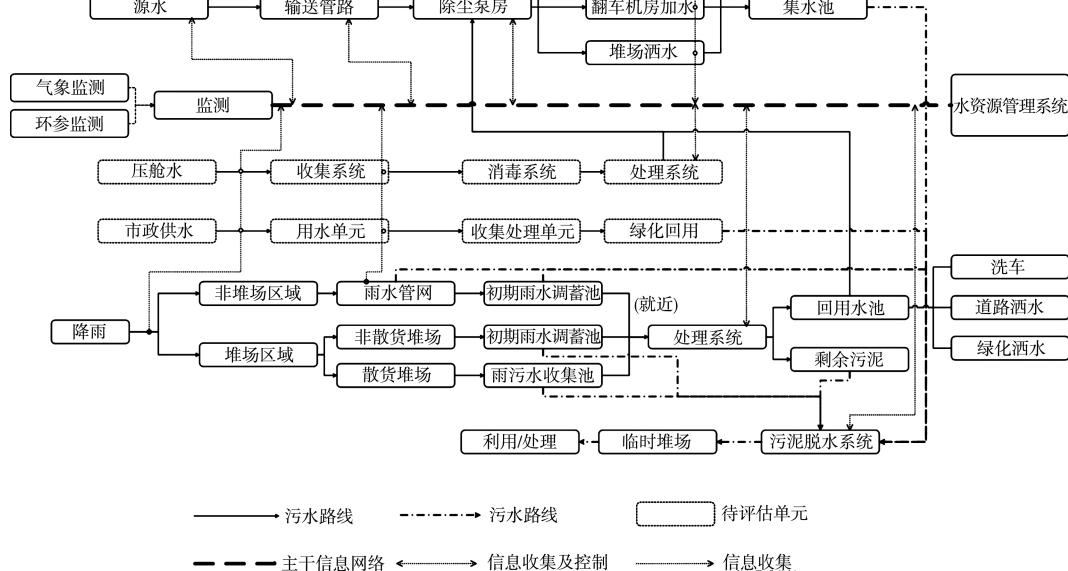


图 6 水资源管理系统

2.2.2 大气污染防治

2.2.2.1 粉尘污染

粉尘污染主要由煤炭、铁矿石、镍矿等大宗散货在堆取、运输、装船等过程的撒漏及散货露天堆场扬尘造成^[3]。国内部分港区目前采用的洒

水抑尘系统存在洒水系统自动化程度及运行效率较低、缺乏有效的环境参数监测系统及集中管理平台等问题。

本作业区以源头控制、精准控制为目标, 通过对比分析主流的防尘抑尘技术^[4-5], 采用密闭输

送+防风抑尘网+固定/移动喷淋的防治措施。其中, 煤炭堆垛高度按 8 m 计, 周边防风网高度应不低于 9 m, 洒水强度应保证堆垛表面含水率不低于 6%; 镍矿及铁矿石堆垛高度按 12 m 计, 周边防风网高度应不低于 13.2 m, 洒水强度应保证堆垛表面含水率不低于 5%; 固定喷淋主要用于堆场区域、固定装卸作业点等区域降尘; 移动喷淋主要针对气象不利条件及临时装卸作业等工况下的抑尘。此外, 将洒水系统的管理控制接入水资源管理系统, 实现集中化管理, 使得洒水设备与环境参数监测设备联动, 通过监测堆场、码头区域空气中 TSP、PM_{2.5}、PM₁₀、湿度、风速等参数, 实时调整洒水量, 在满足降尘要求的情况下减少水资源的消耗。

2.2.2.2 废气污染

废气污染主要由港区机械设备及到港船舶产生, 港区机械及港作拖轮逐步采用清洁型能源或新能源作为动力。码头配备岸电设施并在船舶靠港时合规使用。

2.2.3 噪声污染防治

作业区的噪声污染主要由集装箱、件杂货(钢卷、木材)装卸碰撞造成, 典型的堆高机、正面吊日常作业噪声最高可达 85 dB(A)^[6]。

作业区周边的噪声保护目标主要为嵐山头街道, 项目建设边界距离最近的街道边界约为 400 m; 港区内的噪声保护目标为日常办公场所、休息场所。

作业过程中的噪声主要通过增加隔声、降噪、减振元件等源头治理方式来降低。针对港内日常办公、休息场所, 采用隔声门窗保护, 隔声门窗计权隔声量 R_w 不小于 45 dB。

2.2.4 固废污染防治

港区生产过程产生的废弃轮胎、机械等优先二次利用, 不满足二次利用的交由港区部门进行集中处理。

港区生产废水处理产生的脱水污泥优先二次利用, 煤污水处理厂产生的脱水污泥满足热值要求时, 可作为低热值煤进行二次利用。

在产生危险废物的场所必须设置专用的危险废物收集容器, 产生的危险废物随时放置在容器中, 绝不能和其他废物一起混合收集, 并定期运往危险废物暂存库。港区所产生的危险废物均由有资质的单位接收并安全处置。

规划在西区、东区各建造 1 座 1 000 m²危险废物暂存库, 用于港区日常危险废物的暂存。日常运行过程中, 应准确及时记录危废种类、产生量、暂存时间、交由处置时间等, 并按环保部门要求向当地环保部门报告; 危险废物的转移应遵从有关规定的要求, 禁止在转移过程中将危险废物排放至环境中。

2.2.5 环境管理系统

港区环保设施种类繁多、功能各异, 通常分期、分区建设, 对各类设备及构筑物进行统一编码, 并采用数字平台统一管理(图 7)。各类设备的运行状态参数及监测数值接入数字管理平台。

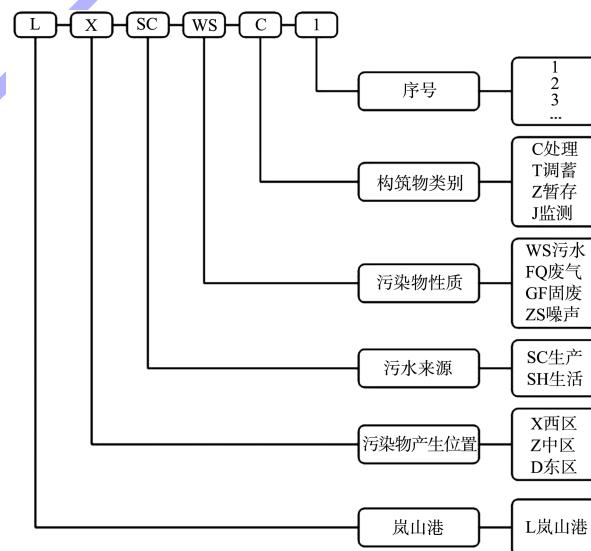


图 7 环保设施编码规则

营运期环境管理应指定专门的管理部门负责落实, 主要工作内容包括港区各环保设施的运营维护、日常监测采样工作、环境应急管理预案的制定与相应物资和人员的落实、各类环境监测数据的定期汇总上报, 为港区环保决策提供依据, 根据每年的监测数据提出下一年的环境提升计划, 持续改善港区环境。

3 结论

1) 绿色港口的规划设计涉及污染防治、资源利用与生态保护、节能低碳等多方面。调整优化港区功能布局是打造绿色港口的重要组成部分, 具体举措包括将码头及堆场合理分区并集中布置, 科学、节约、集约利用岸线及堆场资源; 提升海铁联运、水水转运等集疏运一体化水平; 通过公转铁、散改集、北集南散多方式相结合, 促进港城融合协调发展; 提升港区装卸工艺水平, 优化港内交通流组织等。

2) 含尘雨污水治理是本作业区污染防治的重点之一, 以污水零排放为目标, 水资源收集利用与污染防治并重, 按照“分区收集、分类处理、优先回用”的原则, 设置排水沟、储水池、处理站及加压泵站, 从而实现收水、处理、加压及储水、回用的过程。针对大宗散货造成的水污染采用“脱色+混凝沉淀+连续过滤”的多种工艺组合的方式提高处理系统出水的标准和稳定性。除了雨污水的处理与利用外, 增加清洁雨水的收集与利用, 保护和利用水资源。

3) 大宗散货造成的粉尘污染也是本作业区污染防治的重点, 采用防风抑尘网+固定/移动喷淋作为治理手段, 强化各项环境参数的监测并与智

能洒水系统联动, 提高用水及时性和用水效率。

4) 港区绿色港口规划设计注重智能高效, 通过建设水资源管理系统、环境管理系统、智能化洒水系统等, 并使其互相联动, 实现全港区的数据反馈与调节, 提高港区污染治理的智能化程度。

参考文献:

- [1] 林宇, 刘长兵, 张翰林, 等. 国内外绿色港口评价体系比较与借鉴[J]. 水道港口, 2020, 41(5): 613-618.
- [2] 交通运输部水运科学研究院. 绿色港口等级评价指南: JTS/T 105-4—2020[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2020.
- [3] 贺林林, 焦钰祺, 贾瑞, 等. 绿色港口建设中港区大气污染物排放研究综述. 重庆交通大学学报(自然科学版) [EB/OL] (2021-03-26) [2021-06-01]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1190.U.20210325.0905.002.html>.
- [4] 邹云飞, 周家海, 张鹏. 港口散货装卸工艺流程粉尘污染防治技术研究[J]. 中国水运(下半月), 2014, 14(12): 309-310.
- [5] 闫俊霖. 防风网对散货堆垛起尘的抑制效果研究[D]. 天津: 天津大学, 2017.
- [6] 严茂胜, 陈青松, 刘晓曼, 等. 集装箱码头作业工人噪声暴露现况调查[J]. 中国工业医学杂志, 2015, 28(4): 253-255, 272.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 53 页)

参考文献:

- [1] 张超永. 宁波至舟山铁路建设方案研究[J]. 铁道标准设计, 2021, 65(7): 1-6, 46.
- [2] 浙江省水利河口研究院. 甬舟铁路及甬舟高速公路复线工程海床稳定性分析及隧道可能最大冲刷深度研究报告[R]. 杭州: 浙江省水利河口研究院, 2018.
- [3] 中交水运规划设计院有限公司. 海轮航道通航标准: JTS 180-3—2018[S]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司. 甬舟铁路及甬舟高速公路复线工程航道通航条件影响评价[R]. 北京: 中交

水运规划设计院有限公司, 2019.

- [5] 上海船舶运输科学研究所. 甬舟铁路金塘隧道工程锚击风险及响应研究报告[R]. 上海: 上海船舶运输科学研究所, 2018.
- [6] BRAESTRUP M, AANDERSEN J, AANDERSEN L, et al. Design and installation of marine pipelines [M]. Oxford: Blackwell Science Ltd., 2005: 65-70.
- [7] 姚海元, 扬懿, 查雅平, 等. 深中通道隧道埋深和口门宽度论证[J]. 公路, 2018, 63(12): 330-334.

(本文编辑 武亚庆)