



# 自动化集装箱码头照明系统设计

柴治国

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

**摘要:** 随着自动化集装箱码头布置形式的多样化, 传统的照明布置形式已无法适应自动化码头的照明需求。根据自动化码头工艺路线及功能划分不同, 分析其照明需求, 提出针对不同工艺路线、不同区域的照度需求。引入 DIALux 照明软件建立模型, 对钦州 U 形自动化码头低杆路灯照明方案和南沙四期自动化码头高杆灯照明方案进行计算分析, 验证不同工艺路线和不同照明方案设计的合理性。针对不同装卸作业工况下的照明需求, 提出优化的灯具分组控制逻辑和灯控系统设计。

**关键词:** 工艺路线; 照度; DIALux; 智能控制

中图分类号: U65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0170-05

## Design of lighting system for automated container terminal

CHAI Zhiguo

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

**Abstract:** With the diversification of the layout forms for automated container terminals, traditional lighting layout forms has been unable to meet the lighting requirements of automated terminals. This article analyzes the lighting requirements of automated docks based on different process routes and functional divisions, and proposes illumination requirements for different areas of different process routes. The DIALux lighting software is introduced to establish a model, calculate and analyze the low pole street lamp lighting scheme of Qinzhou U-shaped automatic terminal and the high pole lighting scheme of Nansha Phase IV automatic terminal, and verify the rationality of different lighting schemes for different process routes. According to the different lighting requirements under different loading and unloading conditions, an optimized lighting grouping control logic and lighting control system design are proposed.

**Keywords:** process route; illumination; DIALux; intelligent control

港口堆场照明是港口保证夜间生产作业安全的必要条件, 是保证港口夜间生产的船舶、车辆和人员通行及生产作业安全的重要措施。随着自动化集装箱码头的高速发展, 自动化作业设备程度随之提升, 自动化设备对作业场地的照明提出了不同需求。良好的照明可保证安全生产提高生产效率, 电气照明的合理设置对港口码头生产具有非常重要的作用, 也是降低电能的关键因素<sup>[1]</sup>。

本文基于钦州港自动化集装箱码头(简称钦州工程)和广州港南沙港区四期工程(简称四期工程)

工艺布置情况及实际照明需求, 结合相关规范, 对不同区域按功能进行照明照度分析, 确定合理区域的合理照度。结合 DIALux 软件进行计算分析, 验证不同工艺路线不同照明方案设计的合理形式。

### 1 自动化集装箱码头照度设计要求

自动化集装箱码头按区域分为码头区、堆场区、辅建区, 辅建区及码头区参考现行行业标准的有关规定执行<sup>[2]</sup>。但 JTS/T 174—2019《自动化集装箱码头设计规范》<sup>[3]</sup> 8.2.8 条文“港外集卡在

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 柴治国(1990—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程电气工程设计工作。

箱区端部交接作业的自动化集装箱堆场可不设照明，其余区域的照度应符合现行行业标准 JTS 165—2013《海港总体设计规范》<sup>[4]</sup> 的相关规定”，未能对自动化集装箱码头的工艺路线、堆场分布形式做充分规定，仅对某种工况进行分析，缺乏完整的指导。码头区主要设备为岸桥、自动化水平运输设备、系船柱、岸电插座箱等，岸桥设备上自带照明设备，可借助自带照明设备辅助作业；自动化水平运输设备运行轨迹可根据路面磁钉布置或者 5G 无线定位技术确定，无需照明辅助定位，吊箱作业时可依靠岸桥自带灯具提位供辅助作业照明，无需设置专用作业照明。码头船舶靠泊系缆时或者岸电接电时需设置照明，照明及岸电接电照明等要求照度不低于 15 lx<sup>[5]</sup>，一般在码头前沿设置升降式高杆或照明铁塔。

辅建区主要为办公人员行车照明、人行照明等，满足道路车行照明或人行道路照明等需求即可，照度不低于 10 lx<sup>[6]</sup>，可设置低杆路灯满足照明需求。闸口附近道路及维修场地等区域可采用升降式高杆或照明铁塔，照度不低于 15 lx。

堆场区设备较多，按设备种类分有堆场轨道吊、自动化水平运输设备、外集卡车、摄像机等，堆场轨道吊设备上自带照明设备，可借助自带照明设备辅助作业；外集卡车为有人驾驶车辆，需设专用照明满足车型驾驶照明需求，照度不低于 10 lx；堆场内摄像机监控需满足监控照明需求，照度不低于 1 lx。

根据总图布置不同工艺路线对照明的需求也不同，分为多种形式，总结自动化集装箱码头照明布置可按表 1 进行。

表 1 自动化集装箱码头照明及照度标准

区域	设备分布	照明及照度标准值/lx
辅建区	一般车辆、行人道路	10
	闸口区及维修场地	15
码头区	岸桥、自动化水平运输车辆、岸电插座箱	15
端部交互区及海侧交互区	堆场轨道吊、自动化水平运输设备、外集卡车	10
堆场区	外集卡车进入堆场区混行	堆场轨道吊、自动化水平运输设备、外集卡车 堆场区整体照明,照度 10
	外集卡车 U 形进出堆箱区	堆场轨道吊、自动化水平运输设备、外集卡车,但外集卡车辆独立 U 形车道 仅 U 形车道设置照明,照度 10
	外集卡车不进入堆箱区	堆场轨道吊、自动化水平运输设备 可不设照明

## 2 照度计算及分析

DIALux 软件为一款专业照明分析及计算软件，内置多个厂家的灯具型号，如 THORN、Philips、OSRAM、Meyer、雷士等，可以满足港口、道路照明、铁路站场、体育场、建筑物等照明设计及计算的要求，功能齐全且操作简便。本文对堆场内照明布置方案引入 DIALux 专业软件进行仿真，验证不同工艺路线、不同照明方案设计的合理性<sup>[7]</sup>。

### 2.1 钦州港低杆路灯照明照度计算

钦州港采用 U 形自动化方案，水平运输车辆分为 IGV 和外集卡车辆，IGV 和外集卡车辆均进入堆场区，港外集卡车道呈 U 形布置，箱区间装卸运输车道 3 条，总车道宽 13.5 m，箱区轨内返回

车道 2 条，宽 7 m，且 IGV 车道和外集卡 U 形车道完全隔离，因此堆场区 IGV 车道可不设置照明，外集卡 U 形车道为满足车行要求，需设置道路照明，照度不低于 10 lx。

轨道吊作业时，吊射频识别 (RFID) 设备的安装高度为 5.5 m，由于吊箱高度受限，灯杆高度最高可选用 5 m 高灯杆。13.5 m 宽 U 形车道，两侧设置灯杆，7 m 宽 U 形车道，单侧设置灯杆。为保证平均照度和均匀度<sup>[8]</sup>，参考 CJJ 45—2015《城市道路照明设计标准》<sup>[9]</sup>“表 5.1.3 灯具的配光类型、布置方式与灯具的安装高度、间距的关系”，灯杆间距控制在 3 倍安装高度，即灯具安装间距为 15 m，灯具安装功率 70 W LED 灯头，见图 1。

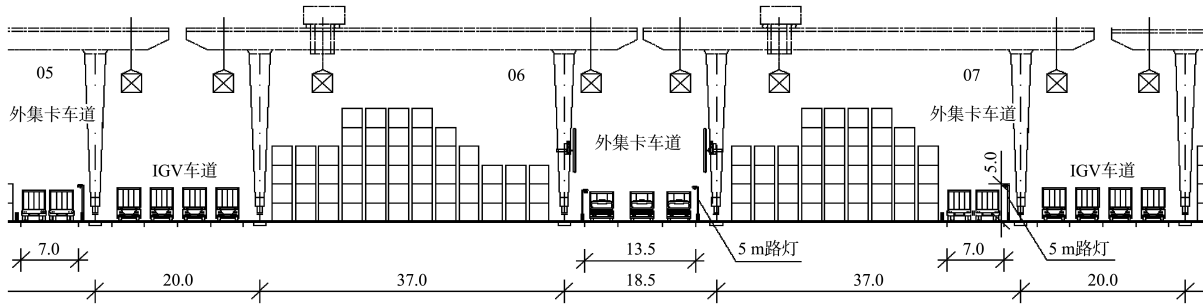


图1 钦州港堆场路灯布置断面 (单位: m)

为验证路灯布置方案合理性,引入DIALux软件对照度进行计算,以道路宽度7m为例,灯头功率选70W,设定灯杆和道路之间的距离1m,灯具与灯杆间距0.5m,灯具倾斜角 $12^\circ$ ,灯杆间距15m,自动化集装箱堆场环境较为清洁无污染,环境维护系数取值0.8。路灯灯具间距、倾角、旋角等参数见图2,仿真伪色表现见图3。照度计算值见表2。

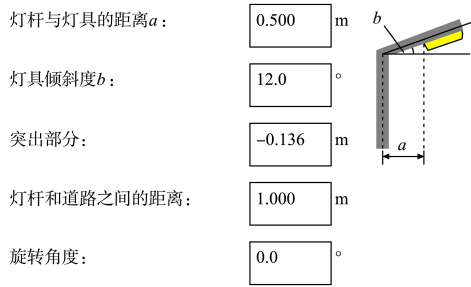


图2 钦州港路灯仿真参数设置

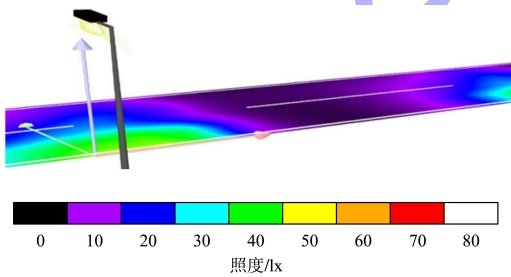


图3 钦州港伪色表现

表2 钦州港照度计算值

平均照度/lx	最小照度/lx	均匀度
14	3.75	0.268

经验证,照明灯具选型及布置合理,平均照度值和均匀度均满足规范及使用要求。

## 2.2 南沙四期自动化码头高杆灯照明照度计算

南沙四期自动化码头采用空间隔离形平行布置方式,自动化集装箱堆场内采用自动化水平运输设备<sup>[10]</sup>,港外集卡不进入堆箱区作业,通过后方设置带临时中转堆场的港内外集卡交互区,实现港内自动化水平运输设备与港外集卡的空间隔离,但远期为时空隔离型自动化堆场方案,外集卡车与自动化水平运输设备混行,综合考虑,在轨道龙门吊悬臂侧相邻区域设置照明设施,码头和堆场共布置23座35m高杆灯,分4列布置,第1列高杆灯布置在码头前沿第1排重箱堆场靠横一路侧,第2、3列高杆灯布置在箱区之间的装卸作业车道上,第4列高杆灯布置在空箱堆场靠横三路侧,高杆灯结合工艺布局设置,横向间距约150m,见图4。

为验证高杆灯布置方案合理性,引入DIALux软件对照度进行计算,由于集装箱堆场堆箱密集且高度较高,模型中引入的集装箱尺寸为 $12.032\text{ m} \times 2.352\text{ m} \times 2.393\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),集装箱堆高为4层,在模型中设置 $12.032\text{ m} \times 2.352\text{ m} \times 9.572\text{ m}$ 的块体作为装箱堆高4层的替代模型。高杆灯高度35m,每座灯设置15个400W LED灯具,在DIALux中采用圆形排布仿真高杆灯或高杆灯的灯具。根据区域要求布置2层灯盘,上层灯盘设置在顶层35m处,均匀分布12个仰角为 $70^\circ$ 的灯具,主要覆盖远距离区域照明;下层灯盘设置在距离顶层2m处均匀分布3个仰角为 $50^\circ$ 的灯具,主要覆盖近距离区域照明,见图5。根据输入参数,仿真伪色表现见图6。照度计算值见表3。

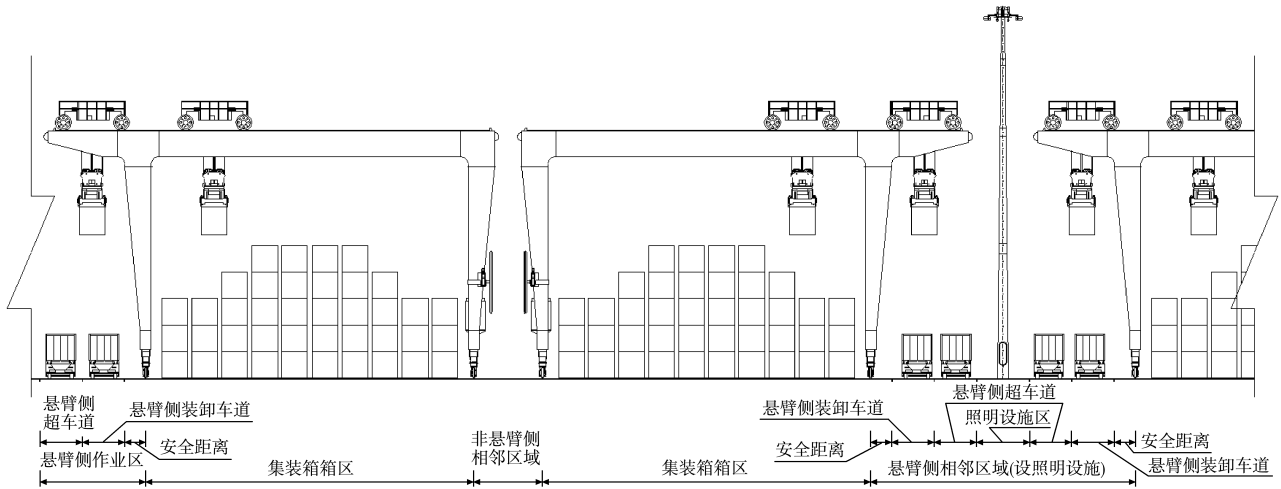


图 4 南沙码头堆场高杆灯布置



图 5 南沙码头灯具布置

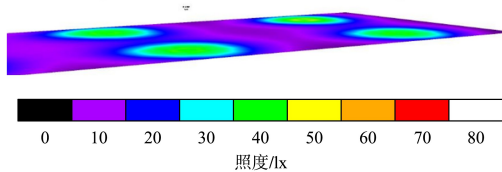


图 6 南沙码头伪色表现

表 3 南沙码头照度计算值

平均照度/lx	最小照度/lx	均匀度
18	4.48	0.249

经验证，照明灯具选型及布置合理，平均照度值和均匀度均满足使用要求。

### 3 照明控制系统设计

#### 3.1 分组控制

南沙码头每座高杆灯含有 15 套灯具，共分为 5 组，3 个灯具为 1 组，适应不同装卸作业工况下的照度要求，如正常作业时照度需求为 10 lx，需灯具全部开启；停止作业时，可根据情况开启 3 个灯

头照明即可；维修作业时，根据维修点选择高杆灯指向维修点方向的灯具照明，另一侧的灯具可关闭。根据以上工况需求，每套断路器开关与接触器进行启闭控制 1 组灯具，并设置远程及就地操作的功能，可远程实时控制启闭灯具的组数，既可适应不同装卸作业工况下的照度要求，又实现了分组、分时控制的目的。为达到三相供电平衡，15 套灯具按 A、B、C 相序分为 3 组<sup>[11]</sup>，根据此相序分布，无论哪组灯具开启或者关闭，均可确保 A、B、C 三相供电平衡，减少供电系统的三相不平衡，提高电能质量。

#### 3.2 智能化控制

自动化码头作业人员根据现场作业情况、天气情况初步判定照明需求，对供电照明设施中的接触器、开关等进行调节，并分组集中照明控制，可以有效降低人工劳动强度，提高港口码头照明系统的工作效率，确保照明设备系统功能作用的高效稳定发挥<sup>[12]</sup>。如图 7 所示，按照灯具的分组控制设计，每组灯具通过该组接触器控制启闭，在操作台可实现对高杆灯每组灯具的启闭。同时，现场照明系统设备的运行情况可以实时地反映在人机互通界面上，自动化码头作业人员可根据实际情况采取有效的调度方案和控制措施，确保照明系统设备高效稳定的运行，实现智能控制功能。



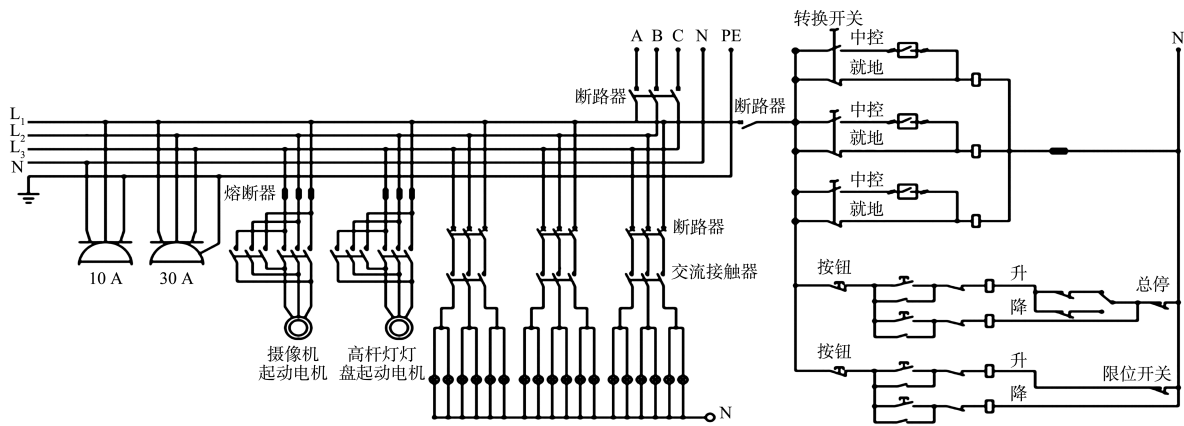


图 7 高杆灯 (灯塔) 分组控制

### 4 结语

1) 根据自动化堆场区工艺路线及功能划分不同,分析其照明需求,提出针对不同工艺路线的不同区域的照度需求。钦州工程 U 形自动化方案,IGV 和外集卡车辆进入堆场分独立车道运行,设低杆照明满足外集卡车道照明;南沙码头混行自动化方案中外集卡车与自动化水平运输设备进入堆场区混行,设高杆灯照明。

2) 引入 DIALux 照明软件,建立模型对钦州港低杆路灯照明方案和南沙码头高杆灯照明方案进行计算分析,验证不同工艺路线、不同照明方案设计的合理性。

3) 根据自动化集装箱堆场装卸作业不同工况下(正常作业、停止作业、维修作业)的照明需求,结合分组控制方案提出相应照明智能控制系统设计,达到智能控制、节能高效的效果。

### 参考文献:

[1] 王科,陈庆为.港口高杆灯照明技术及应用[J].水运科学研究.2005(2):47-51.  
 [2] 麦宇雄,许鸿贵,覃杰,等.自动化集装箱码头 U 形布局分析[J].水运工程.2022(10):23-28.  
 [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司,中国港口协

会.自动化集装箱码头设计规范:JTS/T 174—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司.2020.  
 [4] 中交水运规划设计院有限公司,中交第一航务工程勘察设计院有限公司.海港总体设计规范:JTS 165—2013[S].北京:人民交通出版社.2014.  
 [5] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.海港工程设计手册(下册)[M].2版.北京:人民交通出版社,2018:2400-2406.  
 [6] 王旭,杨君.道路照明设计节能措施的分析[J].城市建设理论研究(电子版).2016,6(8):5056-5056.  
 [7] 吴姗,余隋怀,杨延璞,等.车载控制舱无眩光照明设计方法[J].制造业自动化.2014,36(2):35-38.  
 [8] 李荣.市政道路照明设计常见问题[J].建筑工程技术与设计.2016(4):771-771,774.  
 [9] 中国建筑科学研究院,安徽鲁班建设投资集团有限公司.城市道路照明设计标准:CJJ 45—2015[S].北京中国建筑工业出版社.2015.  
 [10] 陈凯凯,梁浩,刘汉东,等.自动化集装箱码头辅助工艺流程设计要点[J].水运工程.2022(10):79-84,98.  
 [11] 刘瑞雪,巴特,高向凯.港口堆场高杆灯智能照明设计及应用[J].港工技术.2016,53(2):78-80.  
 [12] 杜文武,杨锐.大型集装箱码头照明系统工程设计要点研究[J].中国水运(下半月).2012,12(9):75-76.

(本文编辑 赵娟)

(上接第 91 页)

[5] 于松荣,朱峰.钦州港大榄坪港区 20 万吨级集装箱船靠泊风险评估[J].水运工程.2022(10):18-22,35.  
 [6] 姜帆,李云波,龚家焯.六自由度三体船操纵运动自航模拟[J].哈尔滨工程大学学报,2021,42(8):1117-1124.  
 [7] 郭若昕,钱靖,孙晓峰.狭水道条件下的大型船舶操纵安全优化方法[J].舰船科学技术,2023,45(20):58-61.

[8] 防城港企沙港区赤沙作业区 1 号泊位工程工程地质勘察报告[R].广州:中交第四航务工程勘察设计院有限公司,2020.  
 [9] 防城港企沙港区赤沙作业区 1 号泊位工程船舶操纵仿真模拟试验报告[R].武汉:武汉理工大学,2019.

(本文编辑 赵娟)