

六圩灯塔灯器升级改造研究

徐建昌

(苏北航务管理处, 江苏 淮安 223002)

摘要: 针对京杭运河苏北段六圩口与长江交汇处1号航标灯器存在的透镜老化、LED灯发光效率衰减及视距降低等问题, 分析了灯器升级改造的必要性, 介绍了灯器升级改造的目标、主要技术方案, 并提出了本次灯器升级改造的主要技术创新点, 最后对大型航标灯器升级改造提出展望。

关键词: 京杭运河; 大型航标灯; 灯器; LED航标; 升级改造

中图分类号: U697.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2020) 06—0064—03

六圩灯塔为京杭运河苏北段1号航标, 设置在扬州施桥镇境内, 长江与苏北运河交汇处航道右岸, 标型为示位标, 用于标示从长江进入苏北运河的航道入口, 该标志始建于1986年, 塔高15m, 随着沿江码头及城市开发建设, 背景灯光错综复杂, 原有灯塔的显形视距及灯光射程不能很好的发挥助航功能, 较多航运单位反映灯塔助航功能弱化, 视线混淆。

京杭运河是贯穿江苏南北水运的主通道, 担负着我省大宗物资中转集散及北煤南运的战略任务。随着国家京杭运河(徐扬段)续建二期工程的结束, 苏北运河运能得到高度释放,

年货运量增幅均在10%以上, 而沟通京杭运河与长江干线的六圩河口因其地理位置突出, 通航环境复杂, 日显重要。

为进一步改善通航条件, 充分发挥1号航标的助航功能, 2006年苏北航务管理处对1号航标实施了重建, 工程于2007年底竣工, 重建后的灯塔采用倒圆台式整体钢结构, 塔总高66.9m, 被称为“全国内河航标第一灯塔”。发光层高度为46.1m, 专门为其设计的6.5m直径的可调射程的LED面光源弧形航标灯为国内首创, 技术领先, 外形尺寸世界之最(见图1)。

2.2 常用楼层的选取

多层平台与后方陆域之间通过固定栈桥连接, 由于水位差较大, 若仅通过多层平台的顶层与陆域连接, 当水位较低时, 游客从顶层至钢引桥连接层需攀爬的楼梯长度较长, 造成游客上下岸的不方便。因此考虑从其他楼层中再选择一个常用楼层与陆域连接, 当水位低于常用楼层时, 游客从陆域走到常用楼层后通过多层平台登上浮码头; 当水位高于常用楼层时, 游客从陆域走到顶层后通过多层平台登上浮码头。

为了方便游客通行, 减少攀爬楼梯的长度, 因此常用楼层的选取以控制游客攀爬楼梯的长度最小为原则。分别统计水位在各个楼层间的累计频率, 见表2, 假设相邻楼层间楼梯的长度为1, 然后分别计算将970.45m层、967.15m层、963.85m层、960.55m层、957.25m层、953.95m层作为常用楼层时游客需要攀爬楼梯长度的期望值, 选取期望值最小的楼层作为常用楼层, 概率上认为这时游客需攀爬的楼梯长度最小。游客需攀爬楼梯长度的期望值计算结果见表3。

表2 各楼层间水位频率表

高程 (m)	频率 (%)
967.15~970.00	13.3
963.85~967.15	16.2
960.55~963.85	16.1
957.25~960.55	13.2
953.95~957.25	19.8
950.00~953.95	16.3

表3 游客需要攀爬楼梯长度期望值计算表

拟选常用楼层高程 (m)	计算公式	期望值
970.45	$= (16.2 \times 1 + 16.1 \times 2 + 13.2 \times 3 + 19.8 \times 4 + 16.3 \times 5) / 100$	2.487
967.15	$= (16.1 \times 1 + 13.2 \times 2 + 19.8 \times 3 + 16.3 \times 4) / 100$	1.671
963.85	$= (13.2 \times 1 + 19.8 \times 2 + 16.3 \times 3 + 16.2 \times 1) / 100$	1.179
960.55	$= (19.8 \times 1 + 16.3 \times 2 + 16.2 \times 1 + 16.1 \times 2) / 100$	1.008
957.25	$= (16.3 \times 1 + 16.2 \times 1 + 16.1 \times 2 + 13.2 \times 3) / 100$	1.043
953.95	$= (16.2 \times 1 + 16.1 \times 2 + 13.2 \times 3 + 19.8 \times 4) / 100$	1.672

当拟选常用楼层高程为960.55m时, 计算的期望值最小, 此时将多层平台的顶层和960.55m层与后方陆域通过固定栈桥连接, 游客需攀爬楼梯的长度最短。

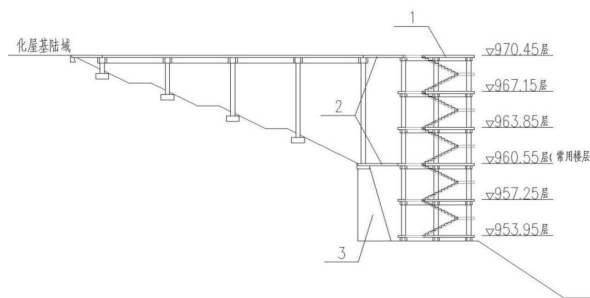


图3 直立式多层平台与陆域的连接方式示意图

3 结语

本文介绍了浮式旅游码头在大水位差条件下采用钢引桥加直立式多层平台的接岸方式时, 通过对实测水位数据进行分析统计, 为多层平台的竖向设计提供依据, 对于类似工程具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 谢殿武, 王多垠, 刘普军, 等. 内河架空直立式码头接岸结构的选择探讨 [J]. 水运工程, 2004, (11): 80-82.
- [2] 祖福兴, 李洪英. 钢导桩定位浮趸自动升降的大水位差浮码头研究 [J]. 水运工程, 2010, (5): 108-110+125.
- [3] 厉泽逸, 尹政兴, 徐卫军. 宽边滩大落差浮码头设计 [J]. 人民长江, 2011, 42 (20): 45-47.
- [4] JTS165-7-2014. 游艇码头设计规范 [S].
- [5] GB50139-2014. 内河通航标准 [S].



图1 灯器升级后的1号航标

航标灯光源采用普通LED管,灯质采用红色莫尔斯“H”,4闪红光,周期8秒,灯塔的日间视距可达10km以上,灯光有效射程大于10km。工程投入使用以来,助航效果明显,工程水域通航条件得到明显改善,船员反应良好。

1 改造背景

截至2019年底,六圩灯塔灯器已连续工作12年,灯器透镜老化、LED光源发光效率衰减,视距降低,灯器需要更换。

为有效改善京杭运河六圩河口的通航环境,及早向进出京杭运河的船舶特别是夜航船舶提供准确、规范、清晰的航向指引,从而为船舶变道、选择航路等提供更充分的准备时间,对六圩灯塔灯器进行升级改造就显得迫在眉睫。

2 升级改造目标

根据建设需求及1号航标多年使用经验,对灯器升级提出如下主要改造技术目标:

(1) 灯器发光时,距灯塔150米处无灯光盲区;光源整体同步发光时,产生光的叠加效应在距灯塔150米之外视觉为整体光束。

(2) 灯光强度控制方法为智能和远程手调并存。其中,智能控制为根据能见度的突然变化自动调节航标灯各大模块光强度,远程手调则为适应四季更替在系统平台调节灯器正常发光强度范围。

(3) 光线从水平270°范围射出,保证光强均匀、无死角,且水平配光均匀度不小于85%,灯光射程达10km以上;灯光颜色鲜艳,使用寿命可达10年以上。

(4) 采用组合式费涅尔透镜及多棱镜。

3 主要技术方案

结合改造目标,主要从LED光源选型、费涅尔透镜设计、灯光发射角、水平配光均匀度、能见度传感器等方面对六圩灯塔灯器进行方案设计。

3.1 LED光源的选型

为了满足航标灯颜色要求及保证灯光的颜色鲜明,采用寿命较长、耗电量小的LED光源。目前,常见LED光源有亮度的普通LED管及高亮度大功率LED管两种光源。

高亮度的普通LED管是原“六圩灯塔弧形LED航标灯”

所用的光源,采用了6480粒LED管及平面透镜组合而成,由于普通LED管功率小,仅能在能见度较好的夜晚满足10km灯光视距的要求,雨雪天气及能见度不良时,灯光射程还将进一步降低。

高亮度大功率LED管是本次升级改造中采用的光源,其参数指标为2.1V/1500mA;功率为3w,发散角较大。在天气正常状态下,每粒LED发光管的功率调整为0.5W,航标灯总功率为810W;当检测到能见度降低时,可以控制每粒LED发光管达到最大功率3W,整灯功率达到4860W。航标灯的功率可根据需求多级调节。

3.2 费涅尔透镜的设计

尽管采用了高亮度大功率LED管,但每一粒LED管的光强仍较弱,为了保证光线在一定范围内直射出去,必须增大发光效果,为此,技术方案在每组LED光源前增设一套费涅尔透镜(见图2)。

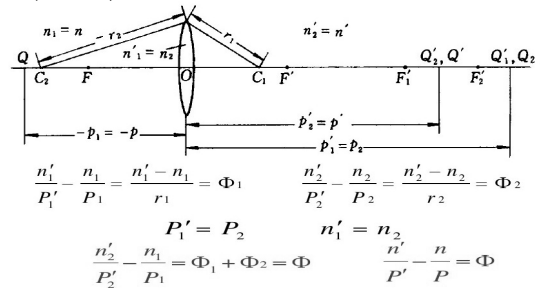


图2 菲涅尔透镜成像公式

3.3 发射角的研究

LED光源放置在距地面46.1米高,Φ7.5m的灯笼层中工作,在保证视距尽量远的情况,还应保证距灯塔150米处无灯光盲区,这就需要对发散角进行技术研究。

发散角的大小主要与发光体的高度、宽度和透镜的焦距有关,可按以下公式进行计算:

$$\beta = 57.3 \times H/F$$

式中:β——垂直发散角(°),F——焦距(毫米),H——发光体高度(毫米)。

从公式可知,“H”为LED光源的直径,一般为Φ5毫米,改变发散角大小只需改变光源焦距的大小。将垂直方向的部分光源,按较大发散角考虑,一般取β=10°~12°,而另一部分光源按较小的发散角考虑,一般取β≈6°~8°。较大的发散角保证灯光在灯塔近距离无盲区,较小的发散角保证灯光有较大的视距。

根据计算,升级改造后,盲点距离灯塔约为9.8m,盲点距小于150m,满足设计要求。

3.4 水平配光均匀度

对航标灯而言,主要的观察方向在水平方向上,因此通常要求光强最大值位于V=0°的区域,要达到较远的射程,要求中心光强足够大,相应的光束角不宜过大,否则过多的扩散光不仅大大降低了光通利用率,而且容易造成不必要的光污染。针对1号航标,要求在270°范围内光分布均匀,避

免某些方向过于暗淡而不易被察觉。

单颗 LED 功率较小,为提高航标灯光通量,满足视觉射程需要,航标灯中需要将 LED 灯珠均匀排布在一定形状的电路板上,形成阵列式排布状态。受安装工艺及透镜技术指标影响,LED 灯珠的细微装配及光强偏差在经过透镜作用后,可能会对配光均匀度带来较大影响。

根据《航标灯通用技术条件》,航标灯的水平配光均匀度不小于 85%。对航标灯器升级改造时,我们在每组透镜的反面设计了多个棱镜,棱镜高 2mm,内夹角 34.720;外夹角 34.78°,圆角为 0.65mm。在保证光线经透镜放大后成平行光线射出,保证视距达到设计要求,且多棱镜通过光线折射保证水平配光均匀度不小于 85%。

3.5 能见度传感器

能见度仪的工作原理主要是依据对大气消光系数的精确测量。根据 Koschmider 原理,气象光学视距 MOR 与消光系数 σ 之间存在函数关系。只要精确测定 σ ,就可计算得到 MOR 值。本次灯器升级改造能见度仪采用前向散射法测大气消光系数,通过公式换算得出能见度,其特点是白天夜晚都能工作、使用灵活方便。

本航标灯器的光强调节根据能见度仪测量出的可视距离自动调节灯光强度。其中可视距离与灯光强度的关系根据现场的实际经验设置与调节(表 1)。

表 1 能见度仪可视距离与光强关系图

能见度仪可视距离	航标灯的光强等级 功率 810W—4860W
小于 500m	一级:最大光强(4860W)
小于 1000m	二级:最大光强(3240W)
小于 1500m	三级:最大光强(2430W)
小于 2000m	四级:最大光强(1620W)
大于 2000m	五级:最大光强(810W)

4 技术创新点

4.1 高亮度大功率 LED 管的应用

原先灯器光源采用的是普通 LED 管,为实现设计视距及光强,共采用了 6480 粒 LED 管及配套平面透镜。此次灯器升级改造选择高亮度大功率 LED 管,单粒 LED 管功率达到 3w,大功率 LED 管的选用极大减少了 LED 管的数量,灯器升级改造共使用了 1620 粒高亮度大功率 LED 管,数量上减少了 75%。

根据相关研究成果,数量众多 LED 管的选用,受各批次 LED 灯光学指标及装配工艺差异影响,灯珠越多,差异越大,减少 LED 管数量有助于提供灯器整体可靠性。大功率 LED 管的成功实践为以后采用更大功率 LED 管提供了经验。

4.2 大型航标灯光源及透镜组合方案

相比于小型航标灯,大型航标灯对灯器色度、光强、寿命等设计、制造及安装均提出了更高的要求。

六圩灯塔弧形 LED 航标灯采用多粒大功率 LED 管通过串、并联的方式设计成单个弧形航标光源,每个弧形航标光源对应独立组合透镜,实现光效均匀倍增的效果,然后由十个组

合透镜模块汇成一个光带,光带高度从原先的 1m 高升级为 1.5m,再将 27 个光带组成一个 270° 弧形发光体,优化后的灯器灯光穿透率高,射程更远,灯光最大射程不小于 25km,灯光柔和不刺眼,与背景灯光有明显区别,采用光源阵列、透镜组合方案在 1 号航标如此规格大型航标灯器上并无经验可借鉴,其成功实践对未来实现航标灯器大型化提供了较好的技术方案。

4.3 光源散热

每组航标灯的组合透镜中采用了 60 粒大功率 LED 管,最大功率为 180W,当功率达到最大时,如不及时散热,会影响光源及电子元件的正常发光,本设计在光源的铝板前增加了一块长 1148mm、宽 507mm、厚 2mm 铝板散热,光源铝板与散热铝板之间涂导热酯;同时在控制箱上安装了透风孔,保证控制箱内空气流通。

5 未来展望

航标灯光源通过多年发展,已经从白炽灯泡过渡到 LED 光源,但数量众多的 LED 管阵列可能会使未来灯器局部光衰,对光源均匀性维护等方面带来不利影响,随着光源技术的发展,LED 功率将进一步增大,这有助于减少大型航标灯器的 LED 管数量,提高航标灯器的稳定性。

本项目依靠经验及现场观察试验等方法确定航标灯水平光强均匀度,其观测效果受试验者主管因素影响较大,具有一定的局限性;未来根据形成光强角分布的光学系统设计原理,采取可视化软件对设计光源进行性能仿真分析可以对设计方案进行更好的过程控制和优化,有助于降低试验成本,比选最优方案。

一般情况下,大功率航标灯的光衰及寿命受环境温度影响很大,据相关研究,当 LED 芯片温度达到 83° 左右,灯器寿命将大幅衰减,进一步在光源散热方面采取更先进的主动、被动降温措施及工艺有助于大幅延长光源寿命,增加灯器在全生命周期内的价值。

参考文献:

- [1] GB5863-93,内河助航标志[S].
- [2] JT/T761-2009,航标灯通用技术条件[S].
- [3] JT/T730-2008,航标灯光强测量和灯光射程计算[S].
- [4] 陈柱.浅谈长江六圩口灯塔重建工程新理念[C]//中国航海学会船标专业委员会沿海、内河航标学组联合年会.2007.
- [5] 何瑞冠.LED 光源在大型航标灯器的应用[J].珠江水运,2019(14):47-48.
- [6] 曹世杰,郑建华.圆周连续焦点 LED 航标灯配光均匀度影响因素分析[J].中国海事,2018(10):54-56.
- [7] 陈先国.六圩灯塔灯器升级改造(研发)项目[R].湖北:湖北蓝宇航标股份有限公司,2019.