

[照明节能]

关于某地铁照明现状及节能措施的探讨

文/ 邓 雷
武汉地铁运营有限公司

以中部某城市地铁为例，对线网车站的照明运行进行分析和讨论，在保证照明质量的前提下，探讨照明节电措施。对于已采用LED光源的车站，可通过选择合适的照明控制模式实现节电，对于仍采用荧光灯具的车站，可探索将荧光灯具更换为LED灯具，节能潜力较为可观。

中部某城市地铁截至2022年11月已运营435 km，车站280座，遍布城市各大主城区，连接主城区与新城，为缓解城市交通拥堵、转变城市交通发展方式发挥了积极作用，树立了公共交通在城市发展体系中的主导地位。

轨道交通虽然已是绿色交通工具，但随着线网的扩张、运营里程的增加，电力成本制约轨道交通企业实现可持续发展。从成本构成比例看，一般能耗成本占总运营成本15%以上，其中13%以上来自用电成本。随着郊区线路的不断开通，线路长、车站多的特点使得线网电力成本呈现增长趋势。因此，对于城市轨道交通行业来说，节能降耗、绿色低碳已成为一个战略性问题。通过节能降耗，可以帮助轨道交通企业实现低成本、高效率的运营，极大地提升企业效益和价值，实现企业可持续发展。

在整个城市轨道交通系统能耗中，除牵引和环控系统两大能耗大户外，车站照明系统能耗用电独占一席，约为地铁电力系统总能耗的10%。为响应国家节能减排的号召，降低某城市地铁的运营能耗成本，本文对某城市轨道交通线网车站的照明进行分析和讨论，在保证照明质量的前提下，寻求合理的照明控制方式及照明灯具，提高灯具照明效率，有效降低照明系统能耗。

地铁车站照度标准

根据GB/T 16275—2008《城市轨道交通照明》（以下简称“照明国标”）中规定，地铁各类场所正常照明的标准值见表1。

表1 城市轨道交通各类场所正常照明的标准值（摘录）

类别	场所	参考平面及其高度	照度/lx
车站	出入口门厅\楼梯\自动扶梯	地面	150
	站内楼梯\自动扶梯	地面	150
	站厅（地下）	地面	200
	站台（地下）	地面	150
	站厅（地面）	地面	150
	站台（地面）	地面	100

目前某轨道交通车站照度在设计时按照表1的标准执行。各线路试运营前期，均会进行车站照度测试，以检测现场实际照度是否满足国标要求。

某地铁车站照明现状

某地铁照明分布于车站各个区域，包括站厅、站台、出入口、管理区及出入口景观照明，其中管理区的灯具总数约占车站总灯具数量的30%。鉴于管理区灯具本身数量较少，主要是保障日常工作人员的管理维修使用，管理区灯具均设有开关面板，

离开设备房时工作人员可以自行关灯。公共区（站厅、站台、出入口及景观照明）灯具每天开启时间平均都在10 h以上，部分灯具开启时间长达24 h，且公共区设有智能照明系统，在白天和夜间可以根据运营实际情况进行调整。本文主要研究公共区照明运行模式，以期降低照明耗电量（下文涉及的照明，如非特殊说明，均指公共区照明）。

目前某地铁运营的所有线路中，2015年以前开通的线路均采用普通荧光灯管，2016年以后开通的线路车站均采用LED灯具。具体情况见表2。

表2 线网车站公共区灯具情况

线路	车站数量	灯具数量/个	灯具类型
A	32	30 000	LED灯具、荧光灯
B	38	110 000	LED灯具
C	24	82 000	LED灯具、荧光灯
D	37	100 000	LED灯具、荧光灯
E	25	83 000	LED灯具
F	32	92 000	LED灯具
G	26	84 000	LED灯具
H	26	84 000	LED灯具
K	14	40 000	LED灯具
P	12	38 000	LED灯具
U	16	25 000	LED灯具

针对采用普通荧光灯和LED灯具的两种车站，将各选一个标准站为例进行分析，即C号线I站（标准站、荧光灯）、U号线II站（标准站、LED灯）。

1. 车站照明模式现状

目前该城市轨道交通线网公共区照明，A号线因建设时间较为久远，未设置智能照明控制，灯具开启及关闭均由客运值班人员手动操作。后续建设的各条线路，公共区照明设置有智能照明系统，因此车站公共区的照明自动按照时间表进行开启和关闭，无须人员手动操作。

在有智能照明系统的车站，公共区照明分为夏季和冬季两大模式，每个模式下，根据线路运营时间及室外自然光照情况，又细分为白天节能模式、夜间模式和停运模式等。此外，针对特殊节假日，如元旦、圣诞节等，考虑当天客流情况，设置单独的模式时间表。除因运营时间略有区别外，各线路的照明模式基本相同，见表3和表4。

表3 C号线照明模式

日期	模式	时间	站台及站厅
4月1日—9月30日	夜间模式1	5:30—7:30	全开
	白天节能模式	7:30—18:30	半开
	夜间模式2	18:30—21:00	全开
	夜间模式3	21:00—24:00	全开
	停运模式	24:00—次日5:30	全关
10月1日—次年3月31日	夜间模式1	5:30—8:00	全开
	白天节能模式	8:00—17:30	半开
	夜间模式2	17:30—21:00	全开
	夜间模式3	21:00—24:00	全开
	停运模式	24:00—次日5:30	全关

表4 U号线照明模式

日期	模式	时间	站台、站厅
4月1日—9月30日	夜间模式1	5:30—7:30	半开
	白天节能模式	7:30—18:30	半开
	夜间模式2	18:30—23:00	半开
	停运模式	23:00—次日5:30	所有照明全关
10月1日—3月31日	夜间模式1	5:30—8:00	半开
	白天节能模式	8:00—17:30	半开
	夜间模式2	17:30—23:00	半开
	停运模式	23:00—次日5:30	所有照明全关

2. 车站照度统计及分析

为了解线网车站公共区目前照度情况，在C号线和U号线各选取一个标准站，测量并分析照度情况。

车站公共区照度测试要求：公共区照度测试需测试站厅、站台、出入口和扶梯两端等位置，根据控制需要，测试全开、1/2开及应急状态下的照度值，并记录测试数据。照度测试注意要在该区域平均、随机选取5个点测试，将5个照度值取平均作为该区域的平均照度值，测试点选取应注意均匀性和随机性。

C号线开通于2015年12月，I站为地下二层岛式车站，车站均采用荧光光源，照度测量结果见表5。

1) 全开模式下。车站公共区照度均满足照明国标要求，且远高于国标标准。其中，站台全开模式下，照度均值可达照明国标要求的2倍。

2) 1/2开模式下。车站公共区平均照度满足照明国标要求。在目前的照明模式中，可将全开模式全部替换为1/2开模式，以达到节能的目的。因1/2开模式下，各处照度与照明国标要求相差不大，因

此不再考虑设置1/4开模式。

表5 C号线I站照度记录

位置	状态	参考面	平均值/lx
站厅A端 (>200)	全开	地面	335.2
	1/2开	地面	208.8
	应急	地面	60.8
站厅B端 (>200)	全开	地面	364.8
	1/2开	地面	232.4
	应急	地面	80
站台A端 (>150)	全开	地面	355.2
	1/2开	地面	252
	应急	地面	68.6
站台B端 (>150)	全开	地面	352.6
	1/2开	地面	240.4
	应急	地面	57.6

U号线开通于2017年12月，II站为地下二层岛式车站，车站均采用LED光源，车站照度测量结果见表6。

表6 U号线II站照度记录

位置	状态	参考面	平均值/lx
站厅A端 (>200)	全开	地面	944
	1/2开	地面	565
	应急	地面	140
站厅B端 (>200)	全开	地面	1 002
	1/2开	地面	567
	应急	地面	170
站台A端 (>150)	全开	地面	1 135
	1/2开	地面	613
	应急	地面	241
站台B端 (>150)	全开	地面	899
	1/2开	地面	654
	应急	地面	200

1) 全开模式下，各处照度值远高于表1中照明国标要求的标准值；半开模式（1/2模式）下，各处照度值较全开模式下有所下降，但也高于表1中的标准值；应急模式下（正常照明全关只保留应急照明），受屏蔽门灯带的影响，站台各区域的照度值也高于照明国标的标准。由此可见，目前的照明模式下，车站公共区照度均高于照明国标的要求，因此可适当调整照明模式以达到节能的目的。

2) 对比全开模式和半开模式的照度数据，基本成线性关系，预测1/4模式下，站厅、站台的照度均值为350~450 lx，满足照明国标要求，而楼梯/扶梯处的平均照度约降为200 lx，也可以满足照明国标要求。

选取其中7条线路，统计照明用电量在该线路总体用电量的占比，如图1所示。

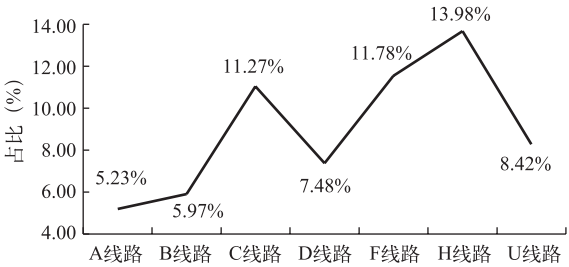


图1 照明用电量占比

由图1可知，全年中所选的7条线路照明用电量略有差异。

1) A号线照明用电量占线路总用电量的比例最低（5.23%），单个车站照明用电量最少（11.89万kW·h），主要是因为A号线是高架站，白天可采用自然光，且车站规模小、灯具数量也较少。

2) 统计的6条地下线路中，单站用电量排序第二的是C号线，主要是因为C号线公共区均为荧光灯，相比于其他地下站均采用LED灯具，达到同等水平照度时，荧光灯耗电量高于LED灯具。说明后续若对C号线公共区照明进行LED改造，节能效果较为可观。

3) 在公共区采用LED灯具的5个地下车站中，H号线的照明用电占比最高（13.98%），单个车站照明用电量最高（67.76万kW·h），是U号线（26.73万kW·h）的2.5倍，B号线（27.99万kW·h）的2.4倍，说明H号线车站照明用电量的节约空间较大。

3. 线网车站照明节能讨论

针对以上分析结果，在满足车站公共区照明国标的要求下，为达到节能目的，有以下建议。

（1）新增公共区照明1/4开模式

对于公共区采用LED灯具的车站（如G号线、H号线和U号线），目前的1/2开模式下公共区照度均远高于照明国标要求。可考虑新增1/4模式代替之前的1/2开模式，达到节能目的。

以U号线II站为例，在保证照明时间表不变的情况下，以1/4开模式替代原正常模式中的1/2开模式，站厅公共区照度平均值范围为300 lx~450 lx，车站公共区平均照度完全满足照明国标要求，表明1/4开模式是完全可行的。此外，针对扶梯处局部区

域照度不足的情况,可以适当调整回路以保证局部过度照明。统计该站1/2开模式调整为1/4开模式后日平均用电量,发现较调整前每天节约118 kW·h,若推广到线网其他车站,节约的用电量非常可观。若将目前模式表中全开模式也换成1/4开模式,将会节约更多的照明用电量。可针对线网各个车站的情况,在满足照明国标的基础上,灵活推广1/4开模式。

(2) 依据日照时间细化照明模式表

该市地处东经114.3°、北纬30.59°,一年中日出日落时间相差接近2 h。而目前线网车站只有冬季模式和夏季模式,尤其是过渡季节,已经不能满足车站对照明的要求。例如,夏季模式时间为4月1日—9月30日,5:00—7:30执行夜间模式1,但在7/8月份,5:30左右已日出,此时车站出入口自然光线已很强烈,基本不需要补充照明,而出入口顶棚灯7:30才关闭,造成部分电能的浪费。

可根据该市全年日出日落时间,按月细化照明模式的执行时间,在满足车站正常照明的情况下,尽可能充分利用自然光照,达到节约照明用电的目的。

以U号线为例,目前已根据每月日出日落的时间,调整出入口顶棚、门楣、站名立柱及草坪景观照明的开启和关闭时间,日用电量较调整前有一定幅度的下降,实现了节电目的。

(3) 适当增加人为干预

针对线网客流较小的车站,如部分郊区车站,可适当增加人为干预手动调节照明模式。例如郊区车站21:30后进站人员较少或基本无进站客流,车站值班人员可手动调整照明模式,保障基本照明即可。针对特殊天气,车站值班员可以按照需求及时开启、关闭室外照明。

(4) 适当开展车站LED照明改造

目前A号线已有10个车站进行了公共区LED照明改造,初步统计每年节约20万kW·h电能,且LED灯损坏率低于荧光灯,节省了人工成本。以C号线为例,计划每年完成6个车站公共区LED照明改造工作,将原21 W和28 W荧光灯更换为10 W、13 W、14 W和15 W的LED灯具,每年实现节约30万kW·h。改造后的LED灯具使用寿命可达荧光灯管的3~5倍,具有光线柔和、节能环保的特点,大

大降低了企业用电成本。

结束语

本文以中部某城市地铁为例,对线网车站的照明运行进行分析和讨论,在保证照明质量的前提下,探讨照明节电措施,以期提高灯具照明效率,有效降低照明系统能耗。

1) 2017年及以后开通的线路车站均采用LED光源,照明模式控制包括全开、半开及1/4开。以U号线为例,通过测量各控制模式下照度值,目前的半开模式下公共区照度均远高于照明规范要求,1/4开模式下照度值仍能达到规范要求。因此,建议可在线网开展1/4开模式照度测试,在满足照度要求的情况下尽量减少照明用电。

2) 由于本市四季日出日落时间相差较大,可根据日出日落细化照明模式的执行时间,在满足车站正常照明的情况下,尽可能充分利用自然光照,达到节约照明用电的目的。

3) 对于仍采用荧光灯具的车站,可探索将荧光灯具更换为LED灯具,节能潜力较为可观。

(收稿日期:2022-12-26)

参考文献

- [1] 王英龙,毛旭辉,张慧,等.哈尔滨地铁运营节能管理实践[J].交通企业管理,2021,36(3):21-23.
- [2] 魏振熙.电气节能技术在地铁车站供配电与照明系统中的应用研究[J].能源与环保,2021,43(5):172-178,183.
- [3] 涂志飞.地铁车站的智能照明系统设计[J].集成电路应用,2022,39(3):294-296.
- [4] 郑蒙.地铁车站公共区智能照明系统分析[J].光源与照明,2021(11):36-38.
- [5] 靳尚宇,王岸.地铁车站照明系统节能研究与应用[J].电工技术,2022(2):138-140.
- [6] 张舰宇.上海某地铁车站照明设计[J].建筑技术开发,2021,48(18):135-137.
- [7] 海伟,高延峰,岳保忠,等.“双碳”环境下基于铁路生产管控平台的郑州南站智慧照明控制系统研究[J].电气应用,2022,41(7):66-73.