

[配电系统]

地铁站内照明配电设计研究

文/安徽省综合交通研究院股份有限公司 任朋彪

随着地铁体系的逐步完善，人流量高速上升，地铁对电能的消耗量有所提升，引发了一系列的能耗隐患，因此做好地铁的节能工作就显得至关重要。基于此，详细探讨了地铁站内照明配电设计方案，旨在为降低地铁照明能源损耗提供理论上的支持。

地铁照明配电系统所用原理

1) LED 灯珠发光原理。当前我国绝大部分地铁照明系统都使用了 LED 半导体二极管，其主要发光机理在于能够有效实现电能至光能的顺利转化，具体工作原理如图 1 所示。

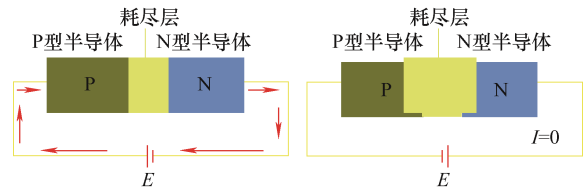


图 1 二极管内部原理图

2) LED 驱动器原理。传统灯具中一般在驱动器内部存在着交流直流电以及直流稳压两种电流模式，如若在 LED 驱动器之内出现相应的整流现象，直流部分直接导入至单相桥式电路中。在 AC-DC 的第一部分中有效保护整个电路，当电源出现滤波可以使用 RLC 电路进行 220 V 的单相输入，让所输入电源波动性大幅降低，防止驱动器电路遭受不同程度的损坏。

3) EPS 工作原理。当前在一系列的应急照明电源系统之中都采取了交流制式，其中 EPS 就处于热备式状态。当正常运转之后，其 K2 开关直接断开，K1 开关直接合上。如若蓄电池处于漂浮状态，那么原有的交流电源就

会直接给应急照明电源进行供电；当事故发生时，其 K2 开关直接合上，K1 开关直接断开，应急照明电源中的部分蓄电池在发生逆变之后发挥供电的功能。

地铁站内照明配电系统优化设计

1. 系统技术方案

1) 直流电压的等级选择。在对直流电压进行选择的过程之中，应当充分考虑到线路降压要求、直流驱动器在电压下的要求以及电压等级方面的要求。该区间的照明主要使用了 15 W 的 LED 灯，并且每个回路所安装的 LED 灯数量不大于 25 个。在这一区间内，应当保持 10% 的降压，电压等级要和公共区以及设备区维持不变，依旧选用 220 V 这一电压等级。针对配电长度可以按照下列公式来进行计算

$$L = \frac{\Delta u}{I \times \Delta u_a} = \frac{\Delta u \times U_n}{P \times \Delta u_a} = \frac{10 \times 0.22}{0.375 \times 1.620} = 3.62 \text{ km}$$

式中， U_n 是系统标称电压，单位为 kV； P 是负荷有功功率，单位为 kW； L 是线路 PL 的长度，单位为 km； I 是线路中的电流，单位为 A； Δu 是电压降百分数，(%)。所得出的计算结果必须要高于当前车站两端区间的配电长度，且符合相同区间内的实际配电使用情况。

2) 直流方案的供电质量。在使用直流进行供电的过程中产生一定数量的谐波，主要是由非线性负载过

高引起,一般出现在开关电源、整流器、逆变器以及 UPS 中。在地铁站内照明配电系统中采取直流配电的形式,会在整流模块中生成晶体管配件,当正弦波通过时生成相应的非正弦电压波和电流波形的谐波。

2. 安全性对比

1) 正常工作情况下对比。在正常工作的过程中,交流 EPS 一般处于热备式工作状态,此时的应急照明通常由旁路市电进行供电操作,保证应急照明能够正常运转。在更改成直流 EPS 之后,正常工作情况下的应急照明转变至了 EPS 整流后直接进行配电。

2) 应急工作情况下对比。如若出现了市电故障,那么 EPS 的供电来源变成蓄电池,在传统的交流方案中,蓄电池经过逆变、LED 驱动器整流以及稳压系列的流程完成放电,但实际功效只有 83%。而在引入直流方案后, EPS 能够去除逆变和灯具驱动器整流部分,直接获取蓄电池的供电,能够显著减少能源损耗。

普通照明直流配电方案

1. 系统基本构架

在采取直流供电的过程中,照明设备的 LED 灯上驱动器集聚于整流部位,并抵达照明配电箱的前端,在灯具末端驱动器中完成 DC-DC 驱动模块的设置,具体如图 2 所示。

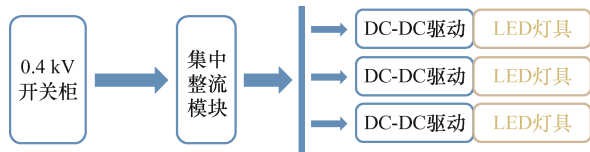


图 2 照明直流供电系统组成

2. 照明直流系统配电方案

1) 直流电压等级的选择。要保障地铁站台有安全稳定的照明回路,应让每个区间的 LED 灯数量不大于 25 个,且保证最大功率为 0.25 kW,根据 200 m 长度进行计算,使用 $2 \times 6 \text{ mm}^2$ 的电线,完成压降计算。在降压 5% 的情况下根据上述参数,参照下列公式对回路电压进行计算

$$U_n \geq \frac{\Delta U_a PL}{\Delta U} = \frac{1.62 \times 0.25 \times 0.2}{5} = 0.0162 \text{ kV}$$

式中, U_n 是系统标称电压,单位为 kV; P 是负荷有功功率,单位为 kW; L 是 PL 线路的实际长度,单位为 km; ΔU_a 是电缆每公里的电压损失,受温度及相关因素影响,单位为%; ΔU 是电压降百分数。

为了确保照明系统的安全运转,须确保 6 mm^2 的截面积,供电电压高于 16 V,线路长度大于 200 m,且功率维持在 0.25 kW 左右。

2) 直流方案供电质量。因受非线性负载的影响,在逆变器、整流器、UPS 以及开关电压中生成一定数量的谐波。地铁站内照明配电系统中采取直流配电的形式,在整流模块中生成晶体管配件,当正弦波通过时生成相应的非正弦电压波和电流波形的谐波。

3) 集聚整流模块设计。为了确保整流模块正常运转,充分发挥冗余功能,及时处理某个部位出现的问题,一般选择“N+1”以及“1+1”这两种模块设计方式。工作人员可以分段处理直流母排,让系统具备更强的运转能力,便于技术人员及时对故障进行修复,同时提升了不同模块之间的交流速率。在整流模块之中,站厅照明配电室照明总箱与站台照明配电室照明总箱的设计尤为关键,具体如图 3 所示。

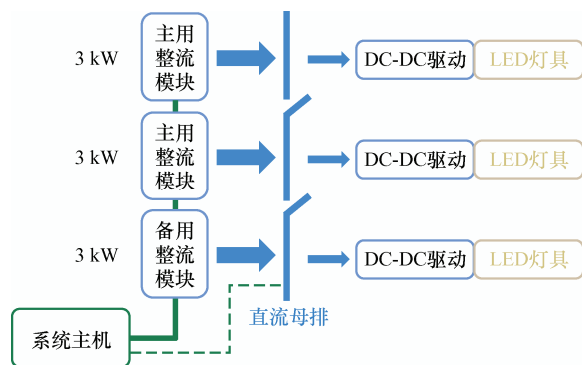


图 3 站厅公共区及大端设备区整流模块设置方案

从图 3 中看出,在站厅公共区域中,分别各 4 个回路在照明总箱内保持正常输出功率,一般在 2~3 kW,利用集中整流方式,让整流模块中的每个照明总箱包含 2 个 3 kW 主要模块,4 个回路的供电效果得到有效保障。在站厅小端部位可以添加 1.8 kW 功率的区间照明设备,利用集中整流可以最大化地降低其功率,达到节能降耗的目的。同样的站厅层大端照明配电室以及站台层大小端照明配电室都可以采取这一方式进行设计,具

体见下表。

表 集中模块设计

位置	模块箱功率及数量
站厅层大端照明配电室	3 个 9 kW(2+1) (公共区+设备区照明总箱)
站厅层小端照明配电室	2 个 9 kW (2+1) (公共区照明总箱); 1 个 6 kW (1+1) (设备区照明总箱)
站台层大端照明配电室	3 个 6 kW(1+1) (公共区+设备区照明总箱)
站台层小端照明配电室	3 个 6 kW(1+1) (公共区+设备区照明总箱)

系统辅助设计

1. 光源和灯具选型

本系统主要是将荧光灯作为主要的照明光源设备，在公共区以及各个区间添加 LED 灯，应急照明灯具则根据相应的规范标准严格执行。地下区间灯具主要采用了具备较高防腐、防眩晕、防潮以及防震的专用隧道灯，防护等级达到 IP65。这类灯具都具备较高的安全电压标准，主要是通过 PE 线接地。

2. 电线电缆的选择和敷设

按照系统的额定电压、负荷大小敷设方式及允许载流量来选择适当的电线电缆，并开展环境和敷设条件修正、热稳定校验以及电压损失校验，明确这类电线电缆的具体性能。一般而言，地铁照明配电系统主要选择了无卤、阻燃和低烟型的电线电缆，电缆阻燃级别不能小于 B1 级，电线的阻燃级别不能小于 A 类。针对部分需要在火灾过程中继续运转的电缆电线，应当选择无卤、低烟阻燃 A 类耐火电线（WDZAN-BYJ）和无卤、低烟阻燃 B1 级耐火电缆（WDZB1N-YJY）。在暗敷应急照明

金属管时，必须保证保护层的厚度不小于 30 mm，而在明敷时应当设计相应的穿管和线槽进行保护，同时添加合理的防火保护手段。针对站台板下安全特低电压照明回路导线，应当采取穿难燃 PVC 管保护手段进行暗敷或者明敷。在敷设区间应急照明灯具配电线管时，每隔 1 m 使用卡箍固定，保证钢管的固定安装高度不低于疏散平台表面 2 m。

3. 安全和接地

1) 在地铁照明配电系统之中应添加接地电阻不大于 1 Ω 的综合接地网，灯具设置相应的 PE 接线端子，确保灯具能够顺利完成接地。全部电气设备的金属外壳应当和 PE 线进行紧密的连接，并严格区分 PE 线和 N 线。

2) 区间中存在着数量众多的高压电缆管线，为了防止产生干扰引发不良后果，应保证区间中的照明灯具以及所敷设的钢管顺利接地，和区间节点扁钢进行可靠焊接。

3) 全部插座回路要设计相应的漏电保护，并针对安全特低压照明回路敷设低烟、无卤的 PE 塑料管。

结束语

综上所述，地铁相比于公交车这类为民服务的交通工具显得更为便利。但相比之下，其能源消耗相对较大，其中主要能源损耗部位是地铁照明配电系统。因此相关人员可以针对地铁照明配电系统采取直流配电的方式，结合实际运转情况合理调整直流集中模块，总结相关经验，为直流地铁照明配电系统的推广与普及奠定坚实的基础。EA

(收稿日期：2021.03.22)

声 明

《电气时代》杂志唯一投稿渠道

登录电气时代官网www.eage.com.cn，点击“我要投稿”

咨询电话：010 - 68993981