

地铁低压动力照明系统的测试及优化措施研究

陈双林 查丰盛 朱圆圆

浙江凯耀照明有限责任公司 浙江 嘉兴 314000

摘要：本文聚焦于地铁低压动力照明系统的测试与优化，细致探究了地铁照明环境的照度、均匀性等关键测试内容。通过深入分析现有系统存在的问题，本文针对性地提出了优化方案，旨在全面提升地铁低压动力照明系统的性能。这些优化措施不仅有助于确保地铁运营的安全性，还能提升乘客的舒适度，同时实现节能减排的目标，为地铁系统的可持续发展贡献力量。

关键词：地铁；低压动力照明系统；测试；优化措施

引言

随着城市轨道交通的快速发展，地铁作为一种大容量、高效率的公共交通工具，在人们的日常出行中扮演着至关重要的角色。地铁低压动力照明系统不仅为乘客提供了必要的视觉环境，也保障了地铁设施设备的正常运行。良好的照明系统对于确保乘客的安全、舒适以及提升地铁的整体运营质量具有不可忽视的作用。然而，由于地铁环境的复杂性和特殊性，低压动力照明系统需要进行全面的测试和优化，以满足不断提高的运营要求。

1 地铁低压动力照明系统概述

1.1 系统组成

地铁低压动力照明系统主要由配电箱、配电柜、照明灯具、电缆桥架、插座、应急照明装置等部分组成。配电箱和配电柜负责分配电能，确保各个照明灯具和动力设备获得合适的电压和电流。照明灯具包括普通照明灯具和特殊照明灯具，普通照明灯具用于车站公共区域、通道、设备用房等的日常照明，特殊照明灯具如疏散指示灯、安全出口标志灯等则用于紧急情况下的人员疏散引导。电缆桥架用于铺设电缆，保证电能的安全传输，插座为各类小型用电设备提供电源，应急照明装置在市电故障时能自动启动，为乘客和工作人员提供必要的照明。

1.2 功能需求

(1) 乘客视觉需求。在车站公共区域，照明需要满足乘客的视觉舒适度，使乘客能够清晰地识别站内标识、广告、列车信息等内容。合适的照度和均匀度能避免视觉疲劳和因光线过暗或过亮造成的视觉障碍。(2) 运营安全需求。对于设备用房和轨道区域，照明要确保工作人员能够安全、准确地操作设备和进行巡检工作。在紧急情况下，如火灾、地震等，应急照明系统要迅速启动，为人员疏散提供足够的亮度和清晰的疏散指示。

(3) 节能需求。地铁运营时间长、能耗大，低压动力照明系统需要在满足功能需求的同时，采取节能措施，降低运营成本。

2 地铁照明环境测试内容

2.1 照度测试

(1) 测试方法。照度测试通常采用照度计进行。在测试时，需要按照一定的网格点在测试区域进行布点测量。对于车站公共区域，可根据面积大小和形状确定测量点的数量和分布，一般在通道、站厅等大面积区域可采用均匀分布的方式，间距可根据实际情况设定为2-5米。在设备用房等较小空间，可在主要工作区域和设备周围进行重点测量。(2) 标准要求^[1]。不同的地铁区域对照度有不同的标准要求。例如，车站公共区域的平均照度一般要求在150-300lx之间，站台区域的照度应保证乘客上下车和在站台上行走的视觉需求，一般在200lx左右。设备用房根据设备的操作和维护要求，照度标准也有所不同，如通信设备机房的照度可能需要达到300lx以上，以方便工作人员进行设备检修和调试。

2.2 照度均匀度测试

(1) 测试方法。照度均匀度是指规定表面上的最小照度与平均照度之比。在完成照度测试后，通过对比各测量点的数据计算得出均匀度。测量时需确保测量点覆盖整个测试区域，包括边缘和角落。(2) 标准要求。地铁照明要求有较好的均匀度，一般公共区域的照度均匀度不应低于0.7。这样可以避免出现出现过亮或过暗的区域，使乘客在站内行走或停留时视觉感受更加舒适，同时也有利于工作人员在设备用房内准确操作设备，避免因局部光线不足而产生误操作。

2.3 显色指数测试

(1) 测试方法。显色指数测试需要使用专门的光谱辐射计。通过测量照明灯具发出光的光谱分布，计算出

显色指数。在测试时,要在灯具正常工作状态下,在其照明范围内选取多个测量点进行测量。(2)标准要求。地铁照明的显色指数一般要求不低于80。较高的显色指数可以使物体的颜色更加真实地呈现出来,对于乘客识别站内的标识、广告以及工作人员对设备的检查(如观察设备的颜色状态来判断是否正常)都有重要意义。

2.4 眩光测试

(1)测试方法。眩光测试可采用主观评价和客观测量相结合的方法。主观评价可通过邀请乘客或工作人员对特定区域的照明情况进行视觉感受评价,如是否有刺眼的感觉。客观测量可使用眩光测试仪,测量灯具的亮度、角度等参数,评估眩光程度。(2)标准要求。地铁照明应尽量减少眩光现象,以保证乘客和工作人员的视觉舒适。一般要求灯具的眩光值在规定范围内,对于直接眩光,应通过灯具的设计和安装位置调整来控制^[2]。

3 地铁低压动力照明系统的测试方法

3.1 电气性能测试

(1)电压测试。使用电压表对配电箱、配电柜输出端以及各个照明灯具和动力设备的接入端电压进行测量。检查电压是否在额定电压范围内,一般地铁低压照明系统电压应为380V/220V,允许偏差应符合相关标准规定,如 $\pm 7\%$ 。电压过高或过低都可能影响照明灯具的寿命和照明效果,甚至损坏设备。(2)电流测试。通过电流表测量电路中的电流。在正常运行情况下,各支路的电流应与设计值相符。若电流过大,可能存在过载现象,会导致电缆发热、灯具损坏等问题;电流过小则可能表明电路存在接触不良或设备故障。(3)功率因数测试。采用功率因数表测量整个低压动力照明系统或各支路的功率因数。地铁照明系统中大量使用的荧光灯、LED灯等感性负载会影响功率因数,一般要求功率因数不低于0.9。低功率因数会增加电网的无功损耗,降低供电效率。

3.2 绝缘电阻测试

使用绝缘电阻测试仪对电缆、配电箱、照明灯具等电气设备的绝缘电阻进行测试。在测试前,应切断电源,并对被测设备进行放电处理。绝缘电阻值应符合相关标准要求,一般低压电气设备的绝缘电阻不应低于 $0.5M\Omega$ 。绝缘电阻过低可能导致漏电、短路等安全事故。

3.3 接地电阻测试

对于地铁低压动力照明系统的接地装置,要定期进行接地电阻测试。接地电阻测试仪可测量接地极与大地之间的电阻值。接地电阻一般要求不大于 4Ω ,良好的接地可以保证在设备漏电等故障情况下,将电流安全导入大地,保障人员安全。

4 地铁低压动力照明系统现存问题分析

4.1 照明环境问题

(1)照度不足或不均匀。在一些地铁车站的部分区域,如通道的拐角处、楼梯下方等,可能存在照度不足的情况。这可能是由于灯具布置不合理、灯具老化或损坏等原因造成的。同时,部分区域照度不均匀,有明显的明暗差异,影响乘客的视觉体验。(2)显色性差。一些老旧的照明灯具可能显色指数较低,导致站内标识、广告等颜色失真,乘客难以准确识别信息,同时也不利于工作人员对设备状态的观察^[3]。(3)眩光问题。部分灯具的安装角度不当或灯具本身设计不合理,可能产生眩光现象,尤其是在站台边缘等乘客集中的区域,眩光会对乘客的眼睛造成刺激,影响视觉安全。

4.2 电气系统问题

(1)电压波动。由于地铁供电系统的复杂性,可能存在电压波动问题。当附近有大型动力设备启动或停止时,可能会引起低压动力照明系统电压的瞬间变化,影响照明灯具的正常工作,缩短灯具寿命。(2)过载与短路。随着地铁运营时间的增加,部分电路可能由于新增设备或原有设备老化等原因出现过载现象。同时,电缆绝缘损坏、灯具内部短路等问题也可能发生,严重影响系统的安全运行。(3)接地故障。接地系统可能因长期使用、腐蚀等原因出现接地电阻增大或接地不良的情况,一旦设备发生漏电,无法有效将电流导入大地,会对人员和设备造成严重危害。

5 地铁低压动力照明系统优化措施

5.1 照明环境优化

(1)合理调整灯具布局。地铁内的照明环境直接影响乘客的视觉体验和行动安全。通过精确的照度测试,可以清晰地发现照明不足或不均匀的区域。对于通道拐角处,这些地方往往容易形成视觉死角,增加壁灯能有效弥补光线不足。壁灯的安装高度和角度需经过精心设计,一般安装高度可在距离地面2-2.5米处,角度向通道内倾斜约30-45度,这样可以使光线更好地覆盖拐角区域。在楼梯下方,由于楼梯结构的遮挡,常出现光照薄弱的情况。增加辅助照明灯具,如小型的嵌入式LED灯,可使光线均匀地投射到楼梯下方空间。这些灯具的布局应根据楼梯的形状和尺寸来确定,例如对于直梯,可以在每级台阶下方均匀安装;对于旋转楼梯,则沿着楼梯的弧度进行分布,确保每一处都有足够的亮度,避免乘客因光线昏暗而摔倒。(2)更换高性能灯具。老旧灯具的显色性差会导致站内标识和广告的色彩失真,影响乘客获取信息。眩光严重则会给乘客眼睛带来不适,

甚至影响视觉安全。新一代LED照明灯具具有诸多优势。其显色指数高,能使物体颜色真实还原,对于准确呈现站内各种指示标识和广告内容至关重要。在防眩光设计方面,通过特殊的灯罩设计和光学透镜的应用,可有效控制光线的散射角度,减少眩光。而且,LED灯具的节能效果显著。与传统照明灯具相比,LED灯具可节能50%以上。其长寿命的特点也能降低维护成本,减少频繁更换灯具对地铁运营的干扰。在更换过程中,要注意灯具的功率和光通量的选择,确保新灯具能满足相应区域的照明需求。例如在站台区域,选择光通量适中、照明范围广的LED灯具,保证乘客上下车和在站台上候车时的舒适度。(3)采用智能照明控制系统。智能照明控制系统能根据地铁运营的实际情况灵活调整照明亮度。在高峰时段,客流量大,为了保证乘客的视觉舒适度和行动的便捷性,系统自动提高照度。例如在换乘通道、进出站闸机等人员密集区域,适当提高亮度,让乘客能快速准确地通行。而在低峰时段,如深夜运营期间,乘客数量减少,适当降低照度既能满足少量乘客的需求,又能实现节能目的。智能系统的故障监测和报警功能十分关键。它通过传感器和通信模块实时收集灯具的工作状态信息。一旦灯具出现故障,如灯泡损坏、电路异常等情况,系统能迅速将故障信息发送给维修人员,使维修人员能及时准确地定位和修复问题,保障照明系统的正常运行。

5.2 电气系统优化

(1)安装稳压装置。地铁供电环境复杂,电压波动不可避免。安装在配电箱或配电柜中的稳压装置是保障照明系统稳定运行的关键。稳压装置通过内部的电子电路实时监测输入电压的变化。当电压升高时,它能自动降低输出电压;当电压降低时,能升高输出电压,使输出电压始终保持在灯具正常工作的范围内^[4]。例如,当附近有大型动力设备启动导致电压瞬间降低时,稳压装置能迅速调整输出电压,确保照明灯具不会因电压过低而闪烁或熄灭。同样,在电压过高时,防止灯具因过压而损坏,延长灯具的使用寿命,减少因电压问题导致的照明故障。(2)优化电路设计与保护。随着地铁运营时间的增长和设备的增加,电路负载问题逐渐凸显。重新评估电路负载能力是解决过载和短路问题的基础。对于

负载较重的支路,合理增加支路可以分担电流,避免某一支路电流过大。在更换大容量电缆时,要根据计算的负载电流选择合适的电缆截面积,确保电缆能安全承载电流。安装过载保护装置(如断路器)和短路保护装置(如熔断器)是保障电路安全的重要措施。断路器能在电路电流超过额定值一定时间后自动切断电路,避免长时间过载对电缆和灯具造成损害。熔断器则在短路瞬间迅速熔断,阻止过大电流对整个电路系统的破坏,有效保护设备安全,防止电气火灾等事故的发生。(3)加强接地系统维护。接地系统是保障地铁低压动力照明系统安全的重要环节。定期检查和维护接地系统是必不可少的。清理接地极周围的腐蚀物可以降低接地电阻,提高接地的可靠性。检查接地连接是否牢固,确保在设备发生漏电等故障时,电流能迅速通过接地系统导入大地。当地面电阻增大时,采取有效措施是关键。增加接地极数量可以增加接地面积,降低接地电阻。改善接地极周围的土壤导电性能,如在接地极周围添加降阻剂等,可以进一步提高接地效果,保障人员在接触可能漏电的设备时的安全,防止触电事故的发生。

结束语

地铁低压动力照明系统的测试和优化对于保障地铁的安全、舒适运营具有重要意义。通过对照明环境的照度、均匀度、显色指数、眩光等方面的测试以及对电气系统的电压、电流、绝缘电阻、接地电阻等性能的测试,可以全面了解系统的现状和存在的问题。针对这些问题采取合理的优化措施,如优化照明环境、安装稳压装置、加强电路保护和接地系统维护等,可以提高地铁低压动力照明系统的性能,为乘客和工作人员提供更好的照明条件,同时实现节能降耗的目标。

参考文献

- [1]邵松.地铁低压动力照明系统的测试及优化措施研究[J].光源与照明,2023(01):48-50.
- [2]黄晶.地铁低压动力照明系统的测试方法及系统优化措施[J].光源与照明,2022(01):37-39.
- [3]边洋洋,徐正斐.地铁低压动力照明系统的优化及应用[J].安装,2020(09):33-35.
- [4]张昭.地铁低压动力照明系统调试方案优化[J].交通世界,2021(11):16-17.