

城市轨道交通车站应急照明设计的安全性能研究

刘 敏

上海市隧道工程轨道交通设计研究院 上海 200000

【摘 要】：城市轨道交通车站在设计 and 运营过程中确实面临着许多特殊挑战，特别是在安全疏散和照明系统方面。为了优化城市轨道交通车站的应急照明系统和提升整体服务水平，应急照明系统应提供足够的照度，以确保乘客在紧急情况下能够清晰识别出口标志、紧急通道和障碍物。照明照度首先需要满足国家和地方的相关规范标准，其次满足现场的适用需求。照明应均匀分布，避免出现阴影或过亮的区域，以便乘客能够安全顺利地找到出口。笔者在本文中针对现阶段我国地铁车站应急照明系统的设计进行了一系列的研究，以备相关人员参考。

【关键词】：地铁；车站；应急照明系统

DOI:10.12417/2811-0536.24.08.022

1 目前应急照明的基本分类

1.1 应急照明系统中的备用照明

备用照明是在主照明系统发生故障时，能够在持续时间内提供足够光照以保证正常工作的照明系统。一般情况下，在地铁车站项目中，变电所、照明配电间、环控电控室、车控室、排烟机房、消防泵房等在火灾工况下仍需继续工作的设备房间，房间内备用照明的照度应为正常照明的 100%；信号、通信、AFC、民用通信等为弱电设备服务的弱电房间内备用照明的照度应不低于正常照明的 50%。备用照明必须维持较高的亮度水平。需要确保在故障时也能进行安全操作。即，暂时继续工作的备用照明是在主照明系统发生故障时，能够提供基本光照以支持安全疏散和简易操作的照明系统。备用照明系统通常需要独立于主电源，以确保在主电源故障时仍能正常工作。这通常通过备用电池或发电机组来实现。常用的电池类型包括铅酸电池、锂电池等。设计时需考虑电池的容量、寿命及维护要求。可选择 LED 灯具，因为 LED 灯具具有较长的寿命和高效的能耗特性。应急灯具应具备较高的可靠性。根据使用场景的需求，合理安排备用照明灯具的安装位置，确保所有关键区域都能覆盖到。定期进行备用照明系统的功能测试，确保在实际需要时能够正常运作。建立和实施详细的维护计划，包括电池更换、灯具清洁和系统检查等。现代备用照明系统通常配备自动切换装置，当主照明系统出现故障时，备用照明系统会自动启动。使用智能控制系统可以实时监控备用照明的状态，提供故障报警和维护提示。

1.2 应急照明系统中的疏散照明

应急照明系统中的疏散照明对确保安全疏散至关重要。它主要有两种基本分类，分别是疏散指示方向灯和疏散照明灯。疏散指示方向灯主要用于清晰标示安全出口、逃生通道和安全方向，帮助人们在紧急情况下快速找到疏散路线。采用高亮度的标识，通常使用发光材料或 LED 灯具，以确保即使在断电或光线不足时也能清晰可见。标志应设置在显眼且容易识别的位置，如出口上方、转角处等，以指导人员顺利逃生。疏散照

明灯提供基本的照明，帮助人们识别前方道路、障碍物，并找到报警器、通信装置和灭火器等安全设备。光照强度通常应足够高，确保乘客能看清周围环境并避免绊倒或碰撞。灯具应均匀分布在疏散通道、楼梯和主要疏散区域，以确保光线覆盖到所有可能的逃生路径，确保疏散照明的亮度足够高，与周围环境形成明显对比，以提高可见性。疏散指示方向灯和疏散照明灯应根据建筑物的布局和疏散需求进行合理布置，避免盲区和死角。定期测试疏散照明系统的功能，确保其在紧急情况下能够正常工作，避免照明系统的故障影响疏散效果。

2 应急电源的选择

我国应急电源的分类和应用根据其功能和供电时间要求有明确规定，发电机组承受的停电时间为 15 秒以上，适用于需要长时间后备电源的场所。UPS（不间断电源）适用于对中断时间要求极短（毫秒级）的负荷，如网络通信和精密仪器，确保设备的持续运行。EPS（应急电源）适用于允许中断时间为 0.25 秒以上的负荷，如地铁站的应急照明，启动快、维护简便。专用馈电线路具有自动投入装置，适用于允许中断时间为 1.5 秒或 0.6 秒以上的负荷。蓄电池主要用于小容量负荷的短期应急供电。UPS 主要用于对电源稳定性要求高的设备，确保毫秒级别的持续供电。EPS 应用于突发供电故障的场合，如地铁车站，提供 90 分钟的应急照明，满足消防和救援需求。EPS 需通过公安部消防认证和设备安装消防验收，UPS 注重电源品质和零中断能力。

3 地铁车站应急照明线路敷设工作的重点问题

在我国地铁车站，应急照明系统的敷设要求非常严格，以确保系统在紧急情况下的可靠性和安全性。应急照明系统的干线和馈线线缆必须与常规供电线路分开敷设，避免混杂（自带蓄电池的照明系统除外）。应急照明配电箱应与常规配电箱设置在相同位置（不包括自带蓄电池的照明系统），且安装位置需远离火灾风险区域。火灾工况下，应急照明回路应使用耐火、低烟、无卤电缆。暗敷线路应设置于保护层超过 3cm 的非可燃体结构中。明敷线路需要在防护层上施加防火处理，如涂丙烯

酸乳胶防火涂料。对于绝缘和护套为非延燃性材料的电缆,表层不需金属防护层,但需设置在井管中。应急照明系统应按照防火分区划分,禁止跨越防火区。

4 地铁车站应急照明系统的控制分析

4.1 针对备用照明系统的控制分析

应急照明系统在车站的重要区域应设有独立的配电箱。这些区域需要在紧急情况下保持照明,以确保人员安全疏散和关键操作的连续性。将这些配电箱与常规照明系统分开设置,能避免由于常规系统故障影响应急照明系统的正常工作。在地下区间隧道中,需要设置疏散照明,区间隧道疏散照明的控制由车站疏散照明系统主机完成,A型集中电源设置在车站端头的配电间及区间联络通道处,A型集中电源由就近消防配电箱配电。无论是车站的各个重要区域还是地下隧道,应急照明系统都应实现独立控制。对于重要区域,配电箱内的控制系统能够在紧急情况下迅速启动应急照明,并与常规照明系统完全隔离。在地下车站,火灾报警系统通过接触器控制应急照明系统。接触器应安装在配电箱主开关下方的位置,以便在发生火灾或其他紧急情况时,系统能够自动切换到应急照明状态。独立的配电箱和控制系统能够确保即使在电力系统或配电设备出现故障时,备用照明仍然能够正常工作。这种设计还可以减少系统故障的传播风险,增强应急照明的可靠性。应急照明系统应定期进行检查和测试,确保所有配电箱和控制装置功能正常。特别是在高风险区域,如站台和照明配电间,应进行更频繁的检查,以确保系统在紧急情况下能够快速响应。通过FAS系统控制可以有效控制疏散照明系统,以实现火灾工况下对疏散照明的要求。车站应急照明系统应设置独立控制主机,以免完全依赖FAS系统,确保灵活性和可靠性。

4.2 针对疏散方向标志照明的控制分析

将所有疏散方向标志照明控制汇总至疏散照明系统主机,主机连接至火灾报警系统(FAS)中,这样一旦发生火灾报警系统将触发应急照明系统的工作。在配电箱主开关下方设置总接触器,可以对疏散方向标志照明系统进行集中控制。采用智能集中式控制管理方式,通过与消防报警系统共同工作,实现烟感探头信号的搜集。烟感探头通常设置在关键位置,如楼梯休息平台上。系统主机在接收到联动信号后,可以根据预设方案自动或手动对疏散标志照明系统进行调整,优化疏散方向设置。同时,向消防报警设备发送确认信号,确保信息传递的完整性。在每个防火分区的末端或楼梯休息平台处,需安装相应的消防烟感采集节点,这些节点可以与智能集中控制系统中的联动模块连接。通过与消防探测器的联动,系统能够及时响应火灾风险,实现更有效的疏散控制。智能集中控制消防应急照明系统必须与火灾报警系统同步工作,确保在火灾报警时能够快速、准确地激活疏散方向标志照明系统,以有效帮助乘客和工作人员安全撤离。

4.3 公共区照明配电系统控制分析

选择性配合可以确保配电系统在正常和故障条件下的有效运行。极差过大会导致配电电缆的额定载流量超过实际运行电流,从而可能引发过热问题。通过合理设计开关和配电电缆的容量,确保实际运行电流不会超出电缆的承载能力,可以有效预防这种情况。在车站站厅及站台两端设置配电室和电缆井,并确保其基本对应位置,可以优化电缆布局,减少电缆长度,降低能量损耗。这样做有助于减少电缆的过载风险,并提高系统的整体可靠性。在设计区间照明配电系统时,需要考虑电缆的热稳定性,确保其能够在高负荷下安全运行。推荐选择容量较大的电缆,以应对可能的高电流情况。例如,车站变电所的变压器容量一般为800~1250 kVA,在短路情况下电流较大,因此可以选择 $5 \times 16\text{mm}^2$ 或更大规格的电缆,以保证电缆的安全性和长期稳定性。在轨道交通车站的每段设置来自变电所不同低压母线的配电柜,并从两面分别接引出一路电源,这样可以有效解决变电所低压柜馈出的问题,并保证区间灯具的稳定供电。这种设计有助于提高系统的冗余性和稳定性,减少因单一电源故障对配电系统的影响。在广告照明系统中应用T接方式,这样可以节省变电所低压柜馈出的回路间隔,降低初期建设投资。这种方法不仅可以减少投资成本,还能简化系统设计和维护工作。

4.4 智能控制系统设计控制分析

在站台层布置4个照明配电箱,以车站中心里程为界限,在左右两侧各设置2个配电箱,这样可以确保照明系统的覆盖范围均匀,并且每个配电箱内设置8个回路和1个智能照明系统控制模块。智能控制模块可以优化照明系统的性能和能效。每个配电箱内的智能控制模块可实现对各回路的独立控制和集成管理。这样,可以通过不同回路的组合,灵活调整站台区域的照明效果,满足不同使用场景的需求。车控室内安装控制面板,用于管理站厅公共区域的照明系统。控制面板应具备调整不同照明模式的功能,以适应客流量的变化。全开模式适用于高峰期或需要充分照明的场景,提供最大亮度以确保安全和舒适。省电模式在非高峰时段,降低照明强度,开启20%-50%的灯具以节约能源。深夜模式车站停运后,关闭大部分正常照明,仅开启基本的应急照明灯具。清扫模式当车站进行清扫或维护工作时,提供适当的照明以支持清洁作业。在车站出入口位置,以车站中心里程为界限,在左右两侧各设置1个照明配电箱,用于对出入口灯具进行配电。每个配电箱内设置智能控制模块,根据出入口的长度设置4-6个照明回路,利用时钟控制模块进行定时控制。例如开启所有照明回路,提供充足的照明,关闭正常照明回路,仅开启应急照明回路,以实现节能。在车站出入口走道的适当位置安装照度感应器,根据实际光照条件和运营时间段自动调整照明强度。这种智能控制能够根据环境光线和车站的实际需求动态调整照明,进一步提高能效和

舒适度。通过合理布置照明配电箱和智能控制模块,结合具体的运营模式和需求,能够有效管理站台层和站厅层的照明系统。采用不同的控制模式和智能化管理方式,不仅提高了照明系统的管理便捷性,还实现了节能效果,有助于减少能源消耗和运营成本。照度感应器和时钟控制模块的使用,使照明系统能够自动适应变化的光照条件和运营状态,提高了系统的智能化水平和能源利用效率。

5 现代城市轨道交通车站应急照明系统优化策略

5.1 优化车站管线排布

将照明设备的配电线缆设计为沿站厅吊顶走线,能够避免管线交叉和冗余,减少对地面结构的干扰,并简化后期维护工作。利用 Revit 软件进行线路碰撞试验,可以在设计阶段识别和解决潜在的冲突问题,确保管线布局合理,不会在实际施工中出现。设计时应考虑管线的空间占用、维护便利性及安全性,避免管线过于密集或复杂,影响车站运营和维护。在管线设计中预留适当的维护空间和未来扩展的可能性,以应对未来的技术更新或系统扩展需求。

5.2 优化防雷接地装置

在车站的半地下结构屋顶设计防雷接地装置时,应确保装

置与建筑结构的稳固结合。结合防坠落装置设计,将防坠落钢丝与结构混凝土主筋连接,可以有效增强防雷接地的性能。在使用玻璃屋顶的车站,防雷接地装置的设置尤为重要。电气专业人员应在玻璃屋顶的挑檐和草坪区域安装专用的防雷接地装置,以确保这些装置与屋顶的钢结构有良好的连接。此措施有助于增强整个防雷系统的可靠性,保障车站在雷电天气中的安全。无论是钢结构还是玻璃屋顶,都需要确保防雷接地装置与主结构的稳定连接,避免因结构变形或玻璃移位影响接地效果。

6 结语

照明系统在现代城市轨道交通车站中扮演了至关重要的角色。为了适应城市轨道交通的快速发展,应重点推进地铁车站应急照明系统的智能化控制。这样做不仅能够节省能耗,还能显著提升交通出行的服务质量以及安全性能。应用先进的控制系统,能够实时监测车站的照明需求,并实现与相关专业的合理联动,及时的对火灾及其他应急工况做出迅速反应,从而提升应急照明系统的安全性能,以保证城市轨道交通的顺利运行及乘客和工作人员的人身安全。

参考文献:

- [1] 郑玲.地铁车站应急照明系统设计[J].工程建设与设计,2014(4):77-79,82.
- [2] 王云龙,刘恒.城市轨道交通车站应急照明及控制优化设计[J].电气化铁道,2020,31(S1):236-238.
- [3] 张星海.城市轨道交通地下车站机电系统造价指标分析[J].工程经济,2020,30(3):8-10.