

轨道交通阻燃B1级直流电缆的应用探讨

袁 景 童万里 朱风雨 郭 磊 崔 晨 陈帅帅 陈 棋 盛日阳 于萧寒 黄 杰
中铁(上海)投资有限公司 上海 200120

摘 要：自轨道交通系统建设以来，作为城市发展主要设施，使交通更加便捷。但随着系统复杂性增加及电力需求不断上升，在电缆的阻燃性能方面有一定危害，一旦发生火灾，将对整个轨道交通系统造成严重威胁。因此，如何提高电缆的阻燃性能，确保系统的安全稳定运行，已势在必行。本研究对阻燃B1级直流电缆概念进行简单介绍，对阻燃B1级直流电缆在轨道交通系统中的优势特征及应用价值进行深入探寻，对应用进行深入分析，以期为轨道交通系统安全、高效运营提供支持。

关键词：轨道交通；阻燃B1级；直流电缆

引言：电缆作为电力传输及信号传递主要载体，其性能及质量与系统安全性及运营效率有直接关联。在安全性方面，阻燃B1级直流电缆凭借其优异的阻燃性能、稳定的电气性能以及环保特性，在轨道交通系统中得到广泛应用。本研究对阻燃B1级直流电缆在轨道交通系统中的应用进行深入探寻，分析其在实际运行中的表现，以便为行业实现可持续发展奠定坚实基础^[1]。

1 阻燃 B1 级直流电缆概念

阻燃B1级直流电缆具有较强的阻燃性能，在火灾情况下，电缆可快速形成防火屏障，有效阻止火焰蔓延，降低火灾对轨道交通系统及其周围环境影响，主要是因为电缆内部放置特殊阻燃材料。此类材料在火灾发生时，可迅速产生化学反应，形成一层坚固防火层，将火焰与电缆内部隔离开来，使电缆完整性得到保证。

阻燃B1级直流电缆还具有良好电气性能，可承受高电流及高电压传输，使轨道交通系统电力供应稳定，且电缆机械强度高，可有效抵抗各种外力冲击与破坏，还可延长使用年限。此外，阻燃B1级直流电缆还具有较强的耐腐蚀性能，可在各种恶劣环境中长期稳定运行，降低维护成本。在现代轨道交通建设中，阻燃B1级直流电缆在轨道交通的供电系统中应用较为广泛，在信号系统、通信系统等领域也有所涉及，此类系统对于轨道交通的安全运行尤为重要，而阻燃B1级直流电缆的优异性能，可为系统提供可靠电力保障，可实现轨道交通系统稳定运行，对乘客出行也有一定安全保障^[2]。

2 轨道交通阻燃 B1 级直流电缆优势特征

2.1 优异阻燃性能

阻燃B1级直流电缆的阻燃性能与其特殊材料配方及结构设计有直接关联，电缆内部填充阻燃性能较强的材料，此类材料可在火灾发生时快速反应，形成一层致密

防火屏障，防止火焰蔓延。电缆绝缘层及护套也采用阻燃材料，进一步增强电缆阻燃能力。与传统电缆相比，在火灾发生时，传统电缆极易燃烧并释放出大量有毒烟雾及有害气体，将会给乘客及相关工作人员生命财产安全带来严重威胁。

再者，阻燃B1级直流电缆可在火灾中保持较长时间稳定燃烧状态，不易产生明火，且释放烟雾及有害气体也有所控制，从而降低火灾对人员及环境的影响。此外，阻燃B1级直流电缆还具有良好电气性能，可承受高电流及高电压传输，确保轨道交通系统电力供应稳定。且电缆机械强度高，并不会受外界不确定因素所影响，阻燃B1级直流电缆还具有耐腐蚀性能，可在各种恶劣环境中长期稳定运行^[3]。

2.2 稳定电气性能

在轨道交通系统中，阻燃B1级直流电缆采用高品质材料及精密制造工艺，可使电缆在各种工况下皆可保持稳定电气性能。电缆可承受高电流及高电压传输，满足轨道交通系统对电力高需求。且电缆的导体电阻不平衡度低，可保证电流在电缆中均匀分布，避免因电流不平衡而导致电缆过热或是损坏。除高承载能力外，阻燃B1级直流电缆还具有良好电气绝缘性能。

电缆的绝缘层采用先进材料与技术，可有效隔离电缆内部与外部环境电气联系，防止电流泄漏及电气干扰。绝缘层还可使电缆在长期使用过程中稳定性及可靠性不受影响，减少因电气故障而引发安全事故。此外，阻燃B1级直流电缆还具有耐温性能，电缆可在高温环境下保持稳定电气性能，不会因温度升高而导致电气性能下降或损坏。这一特性使电缆在轨道交通系统中运行更加稳定可靠，以便适应各种复杂工作环境。

2.3 环保节能

阻燃B1级直流电缆采用环保型绝缘材料及护套材料,此类材料在生产过程中不会产生有害物质,且在电缆废弃后还可回收再利用,减少对环境污染。阻燃B1级直流电缆在设计及制造过程中也注重节能。电缆导体结构经过优化,使电流在传输过程中损耗降低,提高电缆传输效率。

电缆绝缘材料及护套材料也具有较强热稳定性,可在高温环境下保持稳定电气性能,减少因过热而导致能源浪费。此外,阻燃B1级直流电缆在火灾发生时可迅速形成防火屏障,阻止火焰蔓延,可有效降低火灾对轨道交通系统破坏程度,减少因火灾而导致能源损失。电缆在燃烧过程中释放烟雾及有害气体也相应减少,以减轻对环境污染及对人体造成伤害。

3 阻燃 B1 级直流电缆在轨道交通系统价值

3.1 降低火灾风险

阻燃B1级直流电缆采用特殊阻燃材料及先进制造技术,可在火灾发生时迅速形成防火屏障,阻止火焰蔓延,其独特阻燃机制使得电缆在燃烧时可保持结构完整性,避免电缆短路、熔断等电气故障发生,以降低火灾对整个轨道交通系统的影响。在轨道交通系统中,特别是在地下隧道、高架桥等封闭或半封闭环境中,一旦发生火灾,情节异常严重。

阻燃B1级直流电缆引入,为相关特殊场所电气安全提供保障,可有效降低火灾发生概率,在火灾发生时有效阻止火势蔓延发生,为乘客安全疏散及应急救援争取时间。此外,阻燃B1级直流电缆还具有较强耐高温性能。但在高温环境下,电缆依旧保持稳定工作状态,不易因温度升高而引发火灾,这一特性使得阻燃B1级直流电缆在轨道交通系统中具有更广泛应用前景。

3.2 提高通信质量

阻燃B1级直流电缆所具备的高品质导体材料及先进制造工艺使电缆在传输过程中低损耗及高效率得到有效保证,使得通信信号可清晰、准确地传输到目标位置。这对轨道交通系统中列车调度、信号控制等关键环节来说尤为重要。阻燃B1级直流电缆阻燃性能也使通信质量得到明显提升。在火灾等紧急情况下,电缆以防火屏障形式存在,可阻断火势,使通信系统正常运行,在紧急情况下,通信系统可继续为列车运行提供必要指令及信息,为乘客及列车安全提供保障。

在轨道交通通信系统中,线路通信系统采用阻燃B1级直流电缆后,数据传输速率从100Mbps提升至500Mbps,通信误码率也得到有效控制,使通信数据准确性及可靠性得到有效提高。阻燃B1级直流电缆的防潮、

防鼠蚁、抗紫外线等性能也确保了通信系统的稳定运行,使得电缆在复杂环境条件下仍可保持稳定的电气性能,避免因环境因素导致的通信中断或故障。

3.3 控制维护成本

阻燃B1级直流电缆优异性能可对故障率进行合理控制,降低火灾对电缆及系统的破坏程度。减少因火灾导致设备损坏及维修费用,降低因火灾引发停运及延误等经济损失。此外,阻燃B1级直流电缆的环保特性也为其在降低维护成本方面提供便利条件,采用环保型材料制造的电缆在使用过程中并不会对环境造成污染,废弃后还可回收处理,以减少处理废弃电缆成本,降低对环境长期影响,为轨道交通系统可持续发展提供支持。

阻燃B1级直流电缆在材料选择及制造工艺上均达到较高水平,电缆采用优质材料制成,具有良好电气性能及机械性能,可在复杂环境下稳定运行,使得阻燃B1级直流电缆在使用过程中不易出现故障,减少因电缆问题导致的系统停机时间及维修成本。阻燃B1级直流电缆还具有良好环保性能,在燃烧过程中不会产生有害物质,符合环保要求,也可有效降低因环保问题导致维护成本。阻燃B1级直流电缆的阻燃性能还可降低火灾发生概率,减少火灾对系统造成损害。且电缆可靠性及耐久性降低设备因电缆问题而损坏概率,减少维修成本,还可减少因系统停机导致的损失。此外,阻燃B1级直流电缆环保性能与环保要求相一致,可有效降低环保成本,促进其可持续发展。

4 阻燃 B1 级直流电缆在轨道交通中的应用

4.1 供电系统

因轨道交通系统对电力有较高要求,无论是列车牵引、制动,还是车站照明、通风等系统,皆需电力供应。阻燃B1级直流电缆采用高品质材料及先进制造工艺,可承受高电流及高电压传输,使电力稳定供应得到保证。且电缆导体结构经过优化,可降低电流传输过程中损耗,提高供电效率。阻燃B1级直流电缆额定电压为DC750V,最大工作电流可达2000A,完全满足轨道交通供电系统的需求。该电缆导体电阻率极低,仅为 $0.017241\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,可使电流传输高效性得到保证。

在火焰蔓延测试中,其火焰蔓延长度仅为1.5m,远低于标准要求2.5m。燃烧过程中产生的烟雾浓度也极低,可降低火灾对乘客及工作人员危害。在机械性能方面,该电缆的抗拉强度高达1500N,抗压强度为1000N,使电缆在复杂环境下稳定性及可靠性得到保证。且电缆弯曲半径也较小,可在轨道交通系统中进行布线。此外,该阻燃B1级直流电缆还具有良好的环保性能,其制

造过程中采用了无卤、低烟、低毒材料,降低电缆在使用过程中对环境的影响。

4.2 信号系统

阻燃B1级直流电缆作为信号传输的媒介,可降低信号干扰及误码率,且阻燃B1级直流电缆的环保节能特性与轨道交通信号系统发展趋势相符合。随着环保意识提高及能源资源愈发紧张,轨道交通系统开始采用更加环保、节能技术设备。阻燃B1级直流电缆采用环保型材料制造,具有良好的热稳定性和电气性能,可在高温环境下保持稳定的电气性能,减少能源浪费。

阻燃B1级直流电缆额定电压通常为DC24V或DC110V,以满足信号系统的电源需求。电缆的导体电阻率极低,如采用铜质导体,可使信号传输高效性及稳定性得到保证。在阻燃性能方面,阻燃B1级直流电缆符合相关国际标准,在火焰蔓延测试中,该电缆的火焰蔓延长度通常 $<1.5\text{m}$,且燃烧过程中产生的烟雾密度低,使得阻燃B1级直流电缆在火灾发生时可有效地防止火势蔓延,保护信号系统内部设备不受火灾影响。在地铁线路的信号系统中,该电缆的总长度达到了10km以上,共铺设了数百根电缆,电缆的铺设在地下隧道、高架桥和地面段等多种环境,使其适应性及可靠性优势特征得到展现。

4.3 通信系统

在通信系统中,由于轨道交通系统对通信的实时性和准确性要求极高,阻燃B1级直流电缆采用高品质的材料和先进的制造工艺,可在各种复杂环境下保持稳定的电气性能,确保通信信号的清晰传输。电缆的导体结构经过优化,使电流传输过程中损耗有所降低,提高通信效率。由于轨道交通系统通常运行在地下或高架等封闭空间内,一旦发生火灾等紧急情况,将带来严重危害。

在系统中,每个基站都配备高性能发射机,其最大输出功率达到40W,工作频率范围在2.1GHz-2.7GHz之

间,可使信号稳定传输,还可扩展覆盖范围。在无线通信系统中,信道主要分为空中接口与传输网络两种形式,其中,空中接口采用MIMO技术,支持多个同时传输,可使系统吞吐量及传输效率得到明显提高。传输网络采用光纤及微波中继相结合方式,使数据高速传输及稳定性得到保证。

在接收设备方面,该系统采用数字信号处理技术,以便有效地对抗信道中噪声及干扰,提高信号接收质量。每个接收设备的灵敏度需经过调整,以便在信号强度较低情况下仍能稳定接收。通过采用先进信道编码技术和调制方式,系统可在复杂电磁环境中保持稳定通信质量。系统还具备完善的加密和解密机制,确保传输信息安全性及保密性不受影响。在性能方面,该通信系统的数据传输速率高达1Gbps,延迟时间低于10ms,可满足各种复杂场景下通信需求。

结论

在轨道交通系统中,阻燃B1级直流电缆具备较强的阻燃性能、稳定的电气性能以及环保特性,为轨道交通的安全、高效运营提供保障。未来,随着轨道交通技术不断进步及系统持续完善,阻燃B1级直流电缆的应用将更加广泛,其性能和品质也将得到进一步提升,为乘客出行安全及城市交通发展提供便利条件,为轨道交通行业可持续提供根本保障。

参考文献

- [1]米继光,王鹏,安明明,等.轨道交通直流电缆线路在线监测方案研究[J].电气技术与经济,2023,(06):1-4+11.
- [2]吕文博,李彦涛,王纯伟,等.城市轨道交通直流电缆绝缘在线监测方案研究[J].电气化铁道,2022,33(S1):215-217.
- [3]王成明.城市轨道交通电力系统故障分析及应对方法[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2020,(02):171-172.