

铁路通信设备中铁路通信电源的应用

尤 哲

通号工程局集团北京研究设计实验中心有限公司 北京 100071

摘要：铁路通信系统是保障铁路安全、高效运行的关键支撑，而铁路通信电源作为通信系统的核心组成部分，为各类通信设备稳定运行提供动力保障。基于此，本文深入探讨铁路通信电源在铁路通信设备中的应用，详细分析其重要性、应用场景，剖析现存问题与挑战，并对对应的解决策略进行深入探究，旨在提升铁路通信电源应用水平，助力铁路通信系统持续稳定发展。

关键词：铁路；通信设备；通信电源应用

引言：随着铁路行业的快速发展，尤其是高速铁路的大规模建设与运营，铁路通信系统的重要性愈发凸显。通信系统负责列车运行控制、调度指挥、信息传输等关键任务，决定着铁路运输的安全与效率。而铁路通信电源作为通信系统的“心脏”，为各类通信设备提供稳定可靠的电力供应，其性能优劣也直接影响通信系统的运行质量。因此，深入研究铁路通信电源在铁路通信设备中的应用，对于保障铁路通信系统的稳定运行、推动铁路行业发展具有重要意义。

1 铁路通信电源的重要性

1.1 保障通信系统的持续运行

铁路通信设备需时刻保持运行状态，以确保列车运行信息的实时传输与控制指令的及时下达。铁路通信电源承担着为这些设备不间断供电的重任，即使在市电故障等异常情况下，也能通过备用电源（如蓄电池组）持续供电，避免通信中断。如，在列车运行过程中，一旦通信电源出现故障导致通信中断，列车调度员将无法实时掌握列车位置、速度等关键信息，可能引发严重的安全事故。

1.2 提升通信质量与可靠性

稳定的电力供应是保障通信设备正常工作、提升通信质量的基础。铁路通信电源通过对输出电压、电流进行精确控制，尽量减少电源波动对通信设备的干扰，确保通信信号的准确性与稳定性。高质量的通信电源还具备完善的保护功能，如过压保护、过流保护、短路保护等，能有效防止因电源故障对通信设备造成损坏，提高通信系统的可靠性^[1]。如，在强电磁干扰环境下，性能优良的通信电源能有效抑制干扰，保证通信设备正常运行，避免信号失真或丢失。

1.3 支持通信系统的拓展与升级

现代铁路通信技术的不断发展，促使新的通信设备

和技术不断涌现，如5G通信技术在铁路场景中的应用探索、智能化通信设备的推广等。铁路通信电源需具备良好的兼容性与扩展性，能够为新设备提供适配的电力支持，满足通信系统拓展与升级的需求。如，当铁路通信系统引入更高功率、更复杂的新型通信设备时，通信电源需能够提供足够的电力容量，并具备相应的电力调节能力，以确保新设备正常运行，推动铁路通信系统的技术升级。

2 铁路通信电源在不同通信设备中的应用场景

2.1 铁路无线通信设备

2.1.1 GSM-R系统

GSM-R（全球移动通信系统-铁路）是铁路专用的无线通信系统，用于实现列车与地面之间的通信，包括列车调度通信、车次号传输、调度命令传送等功能。铁路通信电源为GSM-R基站设备、车载通信设备等提供稳定的电力供应。在基站侧，通常采用交流UPS和直流通信电源相结合的供电方式，UPS保障市电中断时基站设备的短时间运行，直流通信电源则为基站内的通信模块、传输设备等提供稳定的直流电源。车载通信设备则主要由车载直流电源供电，该电源通过与列车供电系统连接获取电能，并经过稳压、滤波等处理后为通信设备供电。

2.1.2 5G-R系统

5G-R作为新一代铁路无线通信系统，在提升通信容量、速度及可靠性上优势显著。具体表现如下：一是它助力铁路实现高清视频监控实时回传，让调度员对沿线情况了如指掌；二是支持列车自动驾驶的精准指令传输，保障行车安全与高效。并且，在电源应用方面，5G基站功耗更大，需高功率、高效率的交流UPS与直流电源配合。交流UPS用于市电异常时的应急供电，维持基站核心设备运转。而直流电源为基站射频单元、基带处理单元等供电，其稳定性直接关乎通信质量。车载5G设备通

过优化后的车载电源,适应列车复杂电磁环境,稳定输出适配电力,确保通信稳定不掉线。

2.2 铁路有线通信设备

2.2.1 光传输设备

光传输设备是铁路通信系统中实现数据长距离、高速率传输的关键设备,利用光纤将各个通信节点连接起来,构成铁路通信骨干网络。铁路通信电源为光传输设备提供稳定的电力供应,确保信号的可靠传输。光传输设备一般采用直流通信电源供电,电源输出的稳定直流电压为光传输设备中的光发射机、光接收机、放大器等模块提供工作电源。在一些重要的通信节点,还会配备冗余电源系统,当主电源出现故障时,备用电源能够迅速切换,进一步保证光传输设备的不间断运行^[2]。

2.2.2 电话交换设备

铁路电话交换设备用于实现铁路内部各部门之间以及与外部通信网络的语音通信。通信电源为电话交换设备提供电力支持,能够确保电话交换系统的正常运行。电话交换设备通常采用直流通信电源供电,电源的稳定性直接影响通话质量。并且,为保证电话通信的可靠性,电话交换机房一般配备有备用电源系统和应急发电设备,以应对长时间市电中断的情况。

2.3 铁路通信信号一体化设备

在现代铁路通信系统中,通信与信号系统逐渐融合,出现了通信信号一体化设备。这些设备集成了通信和信号的功能,对电源的稳定性和可靠性要求更高。铁路通信电源需要为通信信号一体化设备提供高质量的电力供应,满足其复杂的用电需求^[3]。如,在列车运行控制系统中,通信信号一体化设备既要接收和处理来自列车的位置、速度等信息,又要向列车发送控制指令,其运行的稳定性也会直接影响着列车运行安全。通信电源通过采用冗余设计、多重保护等措施,确保在各种情况下都能为通信信号一体化设备提供稳定可靠的电力,保障列车运行控制系统的正常运行。

3 铁路通信电源应用面临的问题

3.1 电源设备老化与维护难题

随着铁路通信系统的长期运行,部分早期安装的通信电源设备逐渐老化,性能下降,故障率增加。如,一些UPS的蓄电池容量衰减严重,导致市电中断时备用供电时间缩短;直流通信电源的整流模块老化,输出电压稳定性变差。并且,由于铁路通信站点分布广泛,部分偏远站点交通不便,电源设备的维护工作难度较大。维护人员需要花费大量时间和精力前往现场进行设备巡检、故障排查和维修,如此无疑增加了维护成本和时间成本。

3.2 电力质量问题

铁路沿线的电力供应环境复杂,市电质量存在不稳定因素,如电压波动、谐波干扰、停电频繁等。这些电力质量问题会对铁路通信电源的正常运行产生不利影响。如,电压波动过大可能导致通信电源的整流模块损坏或输出电压异常,影响通信设备的正常工作;谐波干扰会降低电源设备的效率,增加设备发热,缩短设备使用寿命。除此之外,频繁停电不仅考验备用电源的续航能力,还可能对通信设备造成冲击,继而影响通信系统的稳定性。

3.3 新技术应用带来的适配问题

伴随铁路通信技术的不断创新,如5G通信技术在铁路领域的逐步应用、通信设备的智能化升级等,对铁路通信电源提出了新的要求。新的通信设备可能具有更高的功率需求、更严格的电源质量要求或不同的供电接口标准,现有的通信电源设备可能无法直接适配。例如,5G基站设备功率较大,传统的通信电源可能无法提供足够的电力容量;智能化通信设备对电源的监测和控制功能要求更高,需要通信电源具备更强大的智能管理能力。如何使通信电源与新技术、新设备实现良好适配,成为当前面临的重要挑战。

3.4 能源效率与环保要求

在全球倡导节能减排、绿色发展的背景下,铁路通信电源的能源效率和环保性能受到关注。具体表现如下:一方面,通信电源在运行过程中消耗大量电能,提高电源设备的能源转换效率,降低能耗,对于节约能源、降低运营成本具有重要意义^[4]。另一方面,电源设备中的蓄电池等部件含有有害物质,如铅酸蓄电池中的铅和硫酸,在报废处理时若不妥善处置,会对环境造成污染。如何在满足铁路通信电源应用需求的同时,提高能源效率,实现环保目标,是亟待解决的问题。

4 铁路通信电源应用策略

4.1 加强电源设备维护与更新

针对电源设备老化与维护难题,首先需建立完善的设备全生命周期管理体系。对于早期安装的通信电源设备,详细记录其使用年限、运行状况、维护历史等信息。铁路相关部门应定期对UPS蓄电池进行容量检测,当容量衰减至一定程度,如低于初始容量的80%,应及时进行更换,尽可能确保市电中断时备用供电的可靠性。对于直流通信电源的整流模块,通过在线监测其输出电压稳定性、电流谐波等参数,一旦发现异常,立即安排维修或更换。

鉴于铁路通信站点分布广泛,可利用物联网技术构

建远程监控系统。在各站点电源设备上安装传感器，实时采集设备运行数据，如温度、电压、电流等，利用无线网络传输至监控中心。维护人员可在监控中心远程了解设备状态，提前预判故障，对于一些简单故障，如设备参数异常，可通过远程控制进行调整，减少前往现场的频次。在此基础上，建立区域化维护团队，合理规划维护路线，对于偏远站点，采用无人机巡检等创新方式辅助设备检查，降低维护成本与时间成本。此外，需要提醒的是，应逐步淘汰老旧设备，按照通信系统发展规划，有序更新性能更优、可靠性更高的新型电源设备。

4.2 改善电力质量

面对铁路沿线复杂的电力供应环境，应在通信电源前端加装电力质量改善设备。针对电压波动问题，安装高精度的稳压器，实时监测输入电压，通过自动调整变压器抽头或采用电力电子技术，将输出电压稳定在通信电源设备允许的范围内，保护整流模块等免受电压冲击。为应对谐波干扰，采用有源电力滤波器，其通过实时检测电网中的谐波电流，产生与之大小相等、方向相反的补偿电流，注入电网，抵消谐波，提高电源设备的效率，延长设备使用寿命。

此过程中，还应与铁路供电部门建立紧密沟通机制，共同优化电力供应方案。对于频繁停电问题，协商增加备用供电线路或配备大容量的应急发电设备，并确保发电设备与通信电源系统的无缝切换。在通信电源系统中，设置智能切换装置，当检测到市电停电时，迅速切换至备用电源或应急发电设备，且保证切换过程中对通信设备的供电不间断，维持通信系统的稳定运行。

4.3 推动电源设备与新技术适配

因铁路通信技术的创新发展，通信电源企业需与通信设备制造商加强合作。在5G通信技术引入铁路领域初期，双方共同开展技术研究，针对5G基站设备功率大的特点，研发适配的高容量通信电源。一是优化电源的拓扑结构，提高电源的功率密度，使其在有限空间内能够提供更大的电力容量；二是开发新型的电源模块，采用高效的功率转换技术，满足5G基站对电源效率的要求。

对于智能化通信设备，通信电源应增加智能监测与控制功能。在电源设备中集成微处理器和通信模块，实现对电源输出参数的实时监测、远程控制以及故障诊断。利用与智能化通信设备建立通信连接，电源可根据设备的实际用电需求动态调整输出功率，提高能源利用

效率。而且，应制定统一的电源接口标准，确保不同厂家的通信电源与通信设备能够相互兼容，促进新技术在铁路通信系统中的快速应用与推广。

4.4 提升能源效率与环保水平

为提高铁路通信电源的能源效率，在电源设计阶段，采用先进的软开关技术、谐振技术等，降低功率器件的开关损耗，提高电源的转换效率。在电源运行过程中，引入智能休眠模式，当通信设备处于低负载或空闲状态时，电源自动进入低功耗模式，减少能源消耗。同时，对通信电源系统进行整体优化，合理配置电源设备的容量，避免设备长期处于轻载运行状态，提高电源设备的利用率。

另外，在环保方面，逐步淘汰含铅酸蓄电池等有害物质的电源设备，推广使用环保型的锂离子电池。锂离子电池具有能量密度高、寿命长、无污染等优点，能够有效减少废旧电池对环境的污染。对于报废的电源设备，建立专业的回收处理渠道，与环保企业合作，对废旧设备进行拆解、回收和再利用，实现资源的循环利用，最大程度上降低对环境的负面影响，在满足铁路通信电源应用需求的同时，践行节能减排、绿色发展的理念。

结束语

铁路通信电源作为铁路通信系统的重要组成部分，在保障通信设备稳定运行、提升通信

质量和可靠性方面发挥着不可替代的作用。随着铁路行业的快速发展和通信技术的不断创新，铁路通信电源面临着诸多挑战，同时也迎来了新的发展机遇。在未来的铁路建设与运营中，应高度重视铁路通信电源的技术研发与应用管理，不断提升其应用水平，为铁路通信事业的发展注入新的活力。

参考文献

- [1]李伟.铁路通信设备中铁路通信电源的应用分析[J].通信电源技术,2023,40(17):108-110.
- [2]蒋寰华,孙洋,佟佳霖,吕东冬.数字通信技术在三线铁路中的应用探究[J].河南科技,2023,42(4):15-18.
- [3]王德鹏.铁路工程建设中通信专业新技术的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(3):151-155.
- [4]王琰.5G通信技术在城市轨道交通中的应用研究[J].铁道通信信号,2023,59(9):53-58.