

浅谈通信电源的技术发展

李新鹏

甘肃省通信产业工程建设有限公司 甘肃 兰州 730030

摘要: 本文围绕通信电源技术发展展开探讨, 概述其定义、核心构成与技术指标, 梳理从工频电源到模块化、数字化电源的发展历程, 分析当前高效化、智能化、模块化的技术突破与应用现状, 剖析核心元器件、市场竞争、标准体系等方面的挑战及优化路径, 展望绿色化、智能化、小型化的未来趋势, 为通信电源技术的进一步迭代升级、适配5G、数据中心等场景需求提供参考, 助力通信行业高质量、低碳化发展。

关键词: 通信电源; 技术发展; 优化路径

引言: 通信电源作为通信网络稳定运行的“心脏”, 承担着电能转换、供电保障等核心功能, 直接决定通信质量与设备可靠性, 是支撑5G、数据中心、边缘计算等新一代信息基础设施发展的关键配套。随着通信技术迭代与“双碳”战略推进, 传统电源已难以适配高功率、高可靠、低能耗的需求, 技术升级迫在眉睫。本文结合行业现状, 系统探讨通信电源技术的发展历程、现存挑战与未来趋势, 为行业发展提供思路。

1 通信电源相关基础理论与核心构成

1.1 通信电源的定义与核心功能

(1) 定义: 为通信设备提供稳定、可靠、连续电能供应的专用电源系统, 是通信网络稳定运行的“心脏”, 直接决定通信设备的运行稳定性和通信质量, 广泛应用于各类通信场景。(2) 核心功能: 核心涵盖电能转换、供电保障、故障预警、能效优化四大板块, 可将市电等输入电能转换为通信设备适配规格, 实现24小时不间断供电, 及时预警故障并优化能耗, 满足不同通信场景的差异化供电需求。

1.2 通信电源的核心构成

(1) 主电路模块: 包括整流模块、逆变模块、配电单元, 是电源系统的核心执行部分, 负责将输入电能转换为设备所需类型, 合理分配电能至各通信设备, 保障电能传输的稳定性。(2) 控制模块: 承担电源启停、参数调节、故障保护等功能, 实时监测电源运行状态, 精准调节运行参数, 出现故障时快速触发保护机制, 保障电源系统稳定可控。(3) 储能模块: 以蓄电池为核心, 作为应急供电保障, 当市电中断时可快速投入使用, 为通信设备提供持续电能, 避免通信中断, 支撑设备不间断运行^[1]。

1.3 通信电源的核心技术指标与分类

(1) 核心技术指标: 关键包括转换效率、功率密

度、可靠性(MTBF)、电磁兼容性、输入输出电压范围, 这些指标直接决定电源的运行效率、适配能力和使用寿命。(2) 主要分类: 按供电方式可分为直流通信电源、交流UPS系统; 按应用场景可分为基站电源、数据中心电源、应急通信电源等, 分别适配不同通信场景的供电需求。

2 通信电源技术的发展历程与当前现状

2.1 通信电源技术的发展历程

(1) 起步阶段: 早期通信电源以工频电源为核心, 受技术限制, 其转换效率普遍较低, 仅能达到70%-80%, 且设备体积庞大、重量较重, 结构设计较为简单, 无复杂的控制功能, 主要用于满足早期固定电话、基础交换机等简单通信设备的供电需求, 仅能实现基本的电能供应, 无法适配复杂场景。(2) 发展阶段: 随着通信技术的进步, 高频开关电源逐步普及, 彻底取理工频电源成为市场主流。该阶段电源转换效率大幅提升至90%以上, 能源损耗显著降低, 同时设备体积和重量大幅缩小, 便于安装与运维, 且实现了初步的智能化控制, 可对电源运行参数进行简单调节, 满足当时通信设备规模化、集约化的供电需求。(3) 升级阶段: 随着5G、数据中心等新兴场景的兴起, 模块化、数字化电源逐步兴起。该阶段电源结合物联网技术, 实现了远程监控、故障报警与远程运维, 可实时监测电源运行状态, 大幅降低人工运维成本, 同时具备更强的适配性, 能够精准满足5G基站、大型数据中心等场景的高功率、高可靠性供电需求, 推动通信电源技术向高效化、智能化转型。

2.2 当前通信电源技术的核心突破

(1) 高效化技术: 核心突破在于GaN、SiC宽禁带半导体材料的广泛应用, 相较于传统半导体材料, 其导电性能更优, 推动电源转换效率突破98%, 大幅降低能源损耗, 助力通信行业实现“双碳”目标, 尤其适用于高

功耗的数据中心、5G基站等场景，节能效果显著。(2) 智能化技术：融合AI算法与大数据分析，实现电源故障预测、智能调度与能效优化，可提前识别潜在故障并发出预警，避免通信中断，同时通过智能调度合理分配电能，提升能源利用效率，据统计，部分省级大型数据中心应用该技术后，年节电超1200万度，节能成效突出^[2]。

(3) 模块化技术：采用“乐高式”模块化设计，支持热插拔功能，无需停机即可完成模块更换与扩容，大幅提升运维效率和系统可靠性，适配场景扩容需求。据行业预测，2026年模块化电源出货量占比将达到53.7%，成为通信电源市场的主流产品形态。

2.3 当前通信电源技术应用现状

(1) 行业应用：目前通信电源技术已形成多元化应用格局，广泛渗透到5G基站、大型数据中心、边缘计算节点、智能灯杆等各类通信及相关场景，其中5G基站和数据中心是核心应用场景，边缘计算节点、智能灯杆等新兴场景的应用需求也持续攀升，推动电源技术向场景化适配升级。(2) 企业布局：市场呈现头部企业主导的格局，华为、中兴通讯、维谛技术等国内头部企业凭借技术优势和完善的产品体系，占据市场主导地位，持续推动通信电源技术迭代与产品升级。同时，国产化替代成效显著，国内企业产品在性能、可靠性上已达到国际先进水平，逐步打破国外品牌垄断，助力我国通信产业自主可控发展。

3 通信电源技术发展面临的挑战与优化路径

3.1 当前通信电源技术面临的主要挑战

(1) 技术层面：核心元器件的发展瓶颈较为突出，IGBT、GaN、SiC等宽禁带半导体元器件生产成本较高，导致电源产品整体成本居高不下，制约其规模化普及。同时，部分高端核心技术仍依赖进口，国产化替代虽取得一定成效，但在高端领域仍存在“卡脖子”问题，此外，新能源与通信电源的融合稳定性有待提升，光伏、储能等新能源接入后易出现电压波动、供电不稳定等情况，无法完全适配通信设备的高可靠性需求。(2) 市场层面：随着通信电源市场需求扩大，行业竞争日益加剧，部分企业为抢占市场份额，陷入价格战困境，同时技术抄袭现象频发，扰乱行业发展秩序。中小企业受资金、技术实力限制，研发投入能力不足，难以跟上技术迭代节奏，生存压力较大，无法有效参与高端市场竞争，导致行业发展不均衡，技术创新动力受到一定抑制^[3]。(3) 标准层面：不同地区、不同运营商对通信电源的技术要求差异较大，缺乏统一的行业标准和技术规范。这使得企业在研发产品时，需要针对不同需求进行个性化适

配，大幅增加了研发成本和生产难度，同时也不利于产品的跨区域、跨运营商推广，阻碍了行业的规模化、规范化发展。

3.2 通信电源技术的优化方向

(1) 核心技术突破：加大核心技术研发投入，重点攻关宽禁带半导体、新型储能材料等关键领域，提升核心元器件的国产化水平，打破国外技术垄断。通过技术创新优化生产工艺，降低核心元器件的生产成本，推动高效、低成本电源产品的规模化应用，同时持续提升核心技术的自主可控能力，筑牢技术发展根基。(2) 系统集成优化：顺应绿色低碳发展趋势，推动通信电源与光伏、储能等新能源技术深度融合，构建“光储充一体化”供电系统。通过合理配置储能模块，缓解新能源接入带来的电压波动问题，实现电能的高效存储与合理调度，既满足通信设备的不间断供电需求，又提升能源利用效率，助力通信行业实现“双碳”目标。(3) 标准体系完善：加强行业协同，推动国内外通信电源技术标准接轨，联合政府、行业协会、头部企业制定统一的技术规范和行业标准，明确电源产品的性能指标、接口规格等要求。通过标准统一，降低企业研发与适配成本，规范行业竞争秩序，促进行业良性循环和高质量发展^[4]。

3.3 典型应用场景的技术优化案例

(1) 5G基站电源优化：针对5G基站分布广、环境复杂、能耗高的特点，采用高效模块化电源产品，优化电源架构设计，适配基站宽温、高防护的使用需求，可在-40℃至65℃环境下稳定运行，同时大幅降低基站能耗，单基站年均节电可达数百度，有效降低运营商的运维成本，提升基站运行的稳定性和可靠性。(2) 数据中心电源优化：聚焦数据中心高功率、高能耗、高可靠性的需求，推广高压直流(HVDC)供电系统与液冷技术结合的解决方案。HVDC供电系统相较于传统UPS系统，转换效率更高、可靠性更强，搭配液冷技术可有效解决电源模块散热问题，大幅提升电源功率密度与能效水平，助力数据中心降低PUE值，部分大型数据中心通过该优化方案，PUE值可降至1.2以下，实现节能降耗与高效运行的双重目标。

4 通信电源技术的未来发展趋势展望

4.1 绿色化发展趋势

(1) 能效持续提升：在“双碳”战略深入推进的背景下，通信电源能效提升成为核心发展方向，未来电源转换效率将向99%以上迈进。通过持续优化电路设计、迭代宽禁带半导体材料应用、完善能效管理算法，进一步降低电源运行过程中的能源损耗，推动通信行业实现

低碳转型,助力全社会达成碳减排目标,让高效节能成为通信电源的核心竞争力之一。(2)新能源深度融合:光伏、风能等可再生能源将与通信电源系统深度耦合,打破传统单一供电模式,实现清洁电能的高效利用。未来将进一步优化新能源接入技术,解决电压波动、储能匹配等难题,构建“新能源+储能+通信电源”的一体化供电体系,推动通信网络从“消耗传统电能”向“利用清洁电能”转型,既降低运营成本,又实现环境友好发展。

4.2 智能化与数字化发展趋势

(1)智能运维升级:基于大数据、AI技术的深度应用,通信电源将实现全生命周期智能化管理,从设备安装、运行监测到故障预警、维修处置,形成闭环运维体系。AI算法可精准分析电源运行数据,提前预判潜在故障,主动发出预警并给出最优处置方案,大幅缩短故障处置时间,降低人工运维成本,提升电源系统运行的可靠性和稳定性。(2)数字化管控:未来将构建统一的云端管控平台,打破不同场景、不同设备之间的信息壁垒,实现多区域、多场景通信电源系统的集中监控、智能调度与协同运行。通过数字化管控,可实时掌握各电源节点的运行状态,根据通信负载变化动态分配电能,优化资源配置,实现全局能效最优,适配大规模通信网络的管控需求^[5]。

4.3 小型化与集成化发展趋势

(1)小型化设计:随着微基站、边缘计算节点、智能终端等紧凑场景的快速扩张,通信电源将向小型化、轻量化方向迭代。通过优化产品结构、采用新型微型元器件,大幅缩小电源体积、减轻重量,提升空间利用率,可灵活适配狭小安装场景,无需占用过多空间,同时降低运输和安装成本,助力通信网络的轻量化部署。

(2)集成化升级:推动通信电源与通信设备、储能设备、监控设备的一体化集成,打破传统设备分离部署的模式,形成“一站式”解决方案。一体化集成设计可简化部署流程,减少设备连接环节,降低运维难度和成本,同时提升系统兼容性和运行稳定性,适配5G-A、边

缘计算等场景的快速部署需求。

4.4 行业发展前景总结

(1)市场前景:随着5G-A技术演进、6G研发推进,以及算力基础设施、数据中心、边缘计算等领域的持续扩张,通信电源的市场需求将持续攀升,市场规模保持稳定增长态势。据行业预测,到2030年全球通信电源市场规模将突破180亿美元,其中新能源融合型、智能模块化电源将成为市场增长的核心驱动力,行业发展空间广阔。(2)技术前景:高效化、智能化、绿色化、集成化将成为通信电源技术的核心发展方向,技术迭代速度持续加快。未来将持续突破核心元器件、系统集成、智能管控等关键技术,推动产品性能不断升级,同时国产化替代将进一步深化,国内企业将逐步占据全球市场主导地位,为通信行业高质量发展提供稳定、高效、绿色的供电支撑。

结束语

通信电源技术的发展始终与通信产业升级同频共振,从简单供电到智能管控,从高耗低效到绿色高效,已实现跨越式发展。尽管当前仍面临核心元器件国产化不足、行业标准不统一等挑战,但绿色化、智能化、集成化的发展方向已明确。未来,随着核心技术突破与新能源深度融合,通信电源将持续优化升级,为6G、算力基础设施发展提供更稳定、高效的供电支撑,助力通信行业实现自主可控与低碳转型。

参考文献

- [1]胡智霖.高效智能的通信电源技术发展趋势分析[J].中国新通信.2023,25(2):65-67.
- [2]凌广平.新时期通信电源技术应用现状及发展趋势研究[J].通讯世界.2021,10(2):89-92.
- [3]赵建科,任保将.高效智能的通信电源技术发展趋势分析[J].价值工程.2023,21(15):177-180.
- [4]黄金山.通信电源技术的发展现状与应用前景展望[J].数字通信世界.2020,33(8):212-215.
- [5]庞然,林长军,孙林江,等.高效智能的通信电源技术发展趋势分析[J].电子元器件与信息技术.2021,9(5):70-72.