

试析智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用

舒老辉

江西路通科技有限公司，江西 南昌 330009

[摘要]中国高速公路网络不断扩张，智能化转型持续推进，智慧供电系统是保障机电工程高效运作的关键技术，日益成为行业关注重点。文中全面剖析智慧供电系统基本概念和技术架构，依据高速公路机电工程实际需求特点，深入探讨其在照明、隧道、收费站以及监控通信等具体场景的应用实践情况。

[关键词]智慧供电系统；能源管理；智能运维

DOI: 10.33142/sca.v8i9.17962

中图分类号: U417

文献标识码: A

Application Analysis of Smart Power Supply System in Highway Mechanical and Electrical Engineering

SHU Laohui

Jiangxi Lutong Technology Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330009, China

Abstract: With the continuous expansion of Chinese highway network and the continuous promotion of intelligent transformation, the smart power supply system is a key technology to ensure the efficient operation of electromechanical engineering, and has increasingly become a focus of industry attention. The article comprehensively analyzes the basic concepts and technical architecture of smart power supply systems, and based on the actual needs and characteristics of highway electromechanical engineering, deeply explores their practical applications in specific scenarios such as lighting, tunnels, toll stations, and monitoring communication.

Keywords: smart power supply system; energy management; intelligent operations

深入研究智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用，一方面可以完善相关理论，丰富研究成果，另一方面能为高速公路机电工程实际运用智慧供电系统提供充足指导和依据。传统供电系统存在效率低及能耗大等多种缺点，无法满足新时期高速公路机电工程的现实需要，此次研究可以弥补智慧供电系统在高速公路工程实践研究方面存在的空白或不足，进一步提高智慧供电系统的运用成效，是供电系统能够在机电工程中稳定发挥自身价值和作用的关键，为高速公路机电工程实现高质量健康发展提供助力。

1 智慧供电系统的概念与技术架构

智慧供电系统属于一种新型供电模式，它是依托现代信息技术以及能源管理理念构建起来的。其关键之处就在于借助智能化的方式达成电能的高效分配、有效监控以及合理优化。该系统一般会形成多维技术架构，主要由感知层、网络层、平台层还有应用层构成。在这其中，感知层的任务是采集电压、电流以及负荷方面的数据；网络层会运用有线或者无线通信技术来传输相关信息；平台层依靠

云计算以及大数据分析来处理数据；而应用层则是面向用户，提供智能控制以及决策支持服务。在高速公路机电工程当中，这一系统可以把分散开来的电力负荷整合成统一管理的单元，进而实现从发电环节一直到用电环节的整个链条的优化。并且，智慧供电系统的技术演进一直围绕着高可靠性和智能化这两条主线展开，这也为它在复杂工程环境下的应用打下了稳固的基础。凭借着持续不断的技术迭代以及标准的完善，该系统正在一步步地变成支撑高速公路智能化转型的极为重要的基础设施。

2 高速公路机电工程的供电需求特点

2.1 负荷分散性与多样性

高速公路机电工程的供电负荷呈现出颇为显著的分散性以及多样性特点，之所以会这样，是因为该工程所涉及的覆盖范围极为广泛，并且其各个子系统的功能也各不相同。就比如说，照明系统得要有稳定且属于低压范畴的供电保障，而隧道通风设备则要依靠大功率的电源才行，监控以及通信设备对于电能的质量有着极高的要求。这样的负荷分布情况，其跨度能够达到数十乃至数百公里的路

段，并且还会牵涉到不同电压等级以及多种用电模式，这就给统一开展供电管理工作带来了相当大的难度^[1]。在高速公路的典型路段当中，负荷密度之间的差异甚至可以达到好几倍的程度，这也意味着供电系统务必要具备灵活的适配能力以及动态调整的相关机制。负荷的分散性还会使得线路损耗有所增加，运维成本也随之上升，所以智慧供电系统就需要借助分区管理以及智能调度的方式来对资源配置加以优化。

2.2 高可靠性要求

高速公路机电工程对于供电可靠性的要求颇高，毕竟一旦出现电力中断的情况，那极有可能会引发交通安全方面的事故，又或者致使运营陷入瘫痪状态。就比如说，倘若隧道照明系统出现了故障，那么这将会直接对行车视线以及通风效果产生影响。要是监控设备发生断电状况，那么就会造成实时数据丢失，进而使得应急响应的能力受到削弱。这样的高可靠性需求是源自高速公路所具有的公共属性以及连续运营的特点，它要求供电系统不但要具备冗余备份以及快速切换的功能，而且还要能够在恶劣的环境下依旧能够稳定地开展工作。智慧供电系统引入了故障预测以及自愈的技术，借助实时监测还有智能分析来提前察觉到潜在的问题，并且能够自动去执行隔离以及恢复的操作。高可靠性要求还体现在对于电能质量的严格把控方面，像是电压波动以及频率偏差就必须得控制在允许的范围之内，从而保证精密设备可以正常地运行。所以说，在对智慧供电系统展开设计以及应用的时候，务必要把可靠性当作核心的考量因素，并且要把这一考量贯穿于技术选型、安装调试以及运维管理的整个过程之中。

3 智慧供电系统在高速公路机电工程中的具体应用

3.1 照明系统智能供电

智慧供电系统于高速公路照明系统当中达成了精准控制以及能源节约的目标。它是凭借安装智能传感器以及控制器来实现这一目的的，可依据环境光强、交通流量还有天气条件来自动对照明亮度与时间做出调节。就好比说，在车流较为稀少的时段，系统是能够切换到节能模式之中的；而处于雾雨这类低能见度的条件下时，便会提高照明强度，以此来确保安全。这样的智能供电方式，一方面延长了灯具的寿命，另一方面也大幅度降低了电耗以及运维成本，并且还能够实时对灯具的状态加以监测，一旦出现故障便及时上报，如此一来便能够防止因为局部失效而引发连锁反应的情况发生。照明系统智能供电得到广泛的应用，这无疑彰显出了智慧技术在提高公共设施能效方面所

具备的潜力，同时也为高速公路迈向绿色转型给出了可行的路径。

3.2 隧道综合供电管理

隧道属于高速公路极为关键的节点所在，其供电管理牵涉到照明、通风、消防以及监控等诸多子系统。智慧供电系统凭借集成化平台达成对这些负荷的统一监控与调度操作。该系统借助大数据来分析隧道内外的环境参数，依据实际情况动态地去调整通风设备以及照明电源的运行策略。就好比在出现交通拥堵状况的时候，会强化通风力度，以此来促使污染物浓度得以降低。除此之外，智慧供电系统还拥有应急供电的功能。当主电源发生故障情况时，它能够自动切换到备用发电机或者储能装置，从而保证隧道运营不会出现中断的情形。如此一来，既增强了运营方面的安全性，又借助优化能源使用的举措减少了碳排放量，这无疑契合了可持续发展的理念要求。

3.3 收费站电力保障

收费站属于高速公路能源消耗极为突出的区域，其供电保障状况与收费效率以及服务质量紧密关联，智慧供电系统凭借冗余设计以及智能监控手段，可为收费站给予不间断的电力支撑。该系统把市电、太阳能还有储能电池等不同类型的电源加以整合，进而形成微电网，依据负荷方面出现的变化情况，自动对供电模式做出切换操作，就像在高峰时段会优先选用清洁能源，以此来促使运行成本得以降低。与此智慧供电系统还能够对收费设备的电能质量展开实时监测，防范电压骤然下降或者谐波干扰致使数据传输准确性受到损害，进而有效提高关键节点所具备的韧性以及经济性。

3.4 监控与通信系统不间断供电

监控与通信系统在高速公路中占据着极为关键的地位，称得上是整个高速公路的神经中枢所在。该系统对于供电的连续性以及供电质量方面有着相当高的要求。智慧供电系统借助引入不间断电源以及智能调度机制这两项举措，从而充分确保这些系统能够实现全天候的正常运行状态。此系统运用的是模块化 UPS 设备以及分布式储能技术，当主网出现故障情况时，能够即刻给予后备电力供应，并且依靠远程监控平台来实时对供电参数做出调整，以此与设备的实际需求达成匹配。就好比视频监控摄像头在夜晚的时候需要更高的功率，智慧系统便可以自动增加容量并且对电源噪声加以过滤，进而保障图像的清晰度，使得因断电而引发的数据丢失风险得到了大幅度的降低。监控与通信系统的不间断供电一方面强化了高速公路在应急管理工作的相关能力，另一方面也为智能交通后

续的深化应用筑牢了稳固的基础。

4 智慧供电系统实施难点

4.1 初始投资成本高昂

智慧供电系统在部署之时，得投入不少资金，主要用于买硬件、搞软件开发以及做系统集成，这可给预算本就有限的高速公路项目带来了很大压力。就好比说，智能传感器、通信模块还有云平台这些核心组件，价格都不便宜，而且在安装调试期间，还得另外耗费人力和物力。这么高的初始投资成本，让部分管理部门看了都直摇头，特别是在偏远地区或者对已有设施进行改造的情况下，这种情况就更加明显了。一套完整的智慧供电系统，其初始投资能抵得上传统方案的数倍之多，虽说从长远来看收益很可观，可是短期内的财务压力还是限制了它的推广。所以，在实施的过程中，怎样去平衡前期投入和后期效益就成了一个关键难题。

4.2 系统集成与兼容性挑战

智慧供电系统要和高速公路现有的机电设备实现无缝对接，然而因为技术标准并非统一且接口协议存在差异，所以系统集成时常常会碰到兼容性方面的难题。就好比说，老旧的照明控制器或许并不支持新的通信协议，这就使得数据采集无法成功或者控制系统出现失灵的情况^[2]。这样的兼容性问题不但让调试周期变长，而且还可能引起系统冲突以及性能有所下滑。不同供应商所提供的设备大多采用的是私有的技术规范，这又进一步加大了集成的复杂程度。系统集成以及兼容性所面临的这些挑战，需要实施方拥有跨领域的技术能力，并且也促使行业去制定统一的标准，以此来降低整合的难度。

4.3 专业技术人才短缺

智慧供电系统的构建涉及设计、安装以及维护等多个环节，而这些环节均需复合型人才来推动，也就是说，所涉及的人才既要对电力工程较为了解，又要对信息技术较为熟悉。然而就当下情况来看，这类专业人员在市场当中是比较紧缺的。人才出现短缺的情况使得项目在实施的过程中不得不依靠外部专家，如此一来便使得人力成本有所提高，并且还对问题响应的速度产生了影响。就好比说，在对系统故障展开排查的时候，要是缺少具备数据分析能力的工程师，那么就很有可能会耽误修复的最佳时机，进而使得损失进一步扩大。专业技术人才短缺这一情况还体现在培训体系不够完善上，很多高校以及相关机构都还没有开设与之相关的交叉学科课程。这个难点已经明显地凸显出了加强人才培养工作的迫切性，要是不加强人才培养，那么将会对智慧供电技术的规模化应用形成制约作用。

4.4 长期运维与数据安全保障

智慧供电系统在长时间运行期间，需要不断地开展维护以及进行升级操作。不过，其复杂的架构使得运维的难度有所增加，与此大量数据的采集以及传输还带来了安全方面的风险。比如说，倘若传感器数据遭到恶意篡改，那么就有可能导致供电策略出现错误，进而致使系统陷入瘫痪状态。而且，云平台要是存在漏洞，那么就可能造成用户隐私或者运营信息的泄露^[3]。长期运维工作要求构建起定期检查以及预测性维护的相关机制，然而在人员数量不足或者资金较为紧张的情况下，这些机制是很难真正落实到位的。数据安全的保障还需要依靠加密技术以及访问控制方面的措施来予以支持，可是许多现有的系统在这些方面依旧存在着一些比较薄弱的环节。所以说，对运维以及安全方面的问题加以解决，这是保证系统能够实现可持续运行的一个前提条件。

5 应对策略

5.1 探索多元化投融资模式

为了缓解初期投资所面临的压力，高速公路管理部门可以去探寻像政府补贴、与社会资本展开合作以及绿色金融这类多元化的投融资模式，借助这些模式来使得资金风险得以分散，同时促使项目能够更快地落实下去。就好比说，可以通过 PPP 模式把私营企业引入进来，让其参与到系统的建设以及后续的运营当中，进而共享在节能方面所产生的收益以及运维服务所带来的收入。而且，多元化投融资模式还能够和碳交易还有能效奖励政策相互结合起来，把长期存在的节能效益转变成为短期的现金流，如此一来便能够让项目的可行性得到提升，同时也给智慧供电系统的推广给予了相应的经济方面的保障。

5.2 制定统一技术标准与接口协议

对于系统集成方面存在的难题，行业组织应当积极牵头去制定统一的技术标准以及接口协议，以此来保证不同设备以及平台之间能够具备良好的互操作性。这些统一的标准可以涉及到通信协议、数据格式以及设备规范等诸多方面，如此一来便能有效降低集成工作的复杂程度，并且推动市场形成良性的竞争态势。比如可以参照国际电工委员会所给出的相关指南，同时结合中国高速公路自身的的特点来开发出具有本土化特色的标准体系。制定统一的技术标准与接口协议还能够在一定程度上减少供应商锁定所带来的风险，让管理部门在设备选型这件事情上拥有更多的灵活性。

5.3 加强复合型人才培养与引进

人才短缺问题，高校、企业以及政府需要协同强化复

合型人才的培养工作，借助设立交叉学科课程以及在职培训项目来提升从业人员的技能水平。与此引进海外专家或者高层次人才能够较快地弥补能力方面的缺口，比如借助人才计划吸引物联网和能源管理领域内的专业工作者。强化复合型人才的培养与引进，还应当完善职业认证以及激励机制，以此增强岗位的吸引力并且降低人才的流失率^[4]。这一策略不单服务于智慧供电系统，而且会为整个智能交通产业储备人力资源。

5.4 构建智能化运维与安全防护体系

为保证系统能够长期稳定地运行，得去构建一个智能化运维体系，这个体系要把预测性维护、实时监控以及应急响应整合到一起，并且还要进一步强化数据加密、访问控制以及入侵检测等一系列安全防护方面的举措。智能化运维体系借助大数据分析来预测设备的使用寿命以及故障发生的点位，进而达成主动维护的目的，而不是像以往那样处于被动修理的状态。而安全防护则是依靠多层防御机制来保障数据的完整性以及隐私性。要构建起智能化运维与安全防护体系，还应当建立起跨部门的协作机制，如此一来，在出现突发事件的时候才能够迅速地联动起来进行处置。

6 结束语

智慧供电系统于高速公路机电工程的应用呈现出了颇为可观的潜力，其借助智能化技术使得供电的可靠性得

以提升，同时也能提高能效以及运维水平，进而给行业的转型升级给予了强有力的支撑，不过在实施的进程当中，依旧面临着诸如投资成本偏高、集成起来较为复杂、人才存在短缺以及存在着安全风险等一系列的挑战，这就需要凭借多元化融资的方式、制定相关标准、开展人才培养工作以及采取智能运维等方面的策略来加以应对，往后的日子，伴随技术不断地走向成熟并且政策也在持续地得到优化，智慧供电系统是有希望在更为广泛的领域达成深度融合的，从而推动高速公路朝着绿色、智能以及安全的方向去发展。

[参考文献]

- [1]钱超.基于智能感知与数据融合的智慧高速公路机电系统优化研究[J].交通世界,2025(9):183-186.
- [2]赵根,孙沐琪,白皓,等.高速公路供配电能耗与供电品质监测及数据分析管理系统[J].电工技术,2025(17):108-113.
- [3]高玲.智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用分析[J].运输经理世界,2023(26):146-148.
- [4]阳辉.智慧供电系统在高速公路机电工程中的应用[J].交通世界,2024(27):172-174.

作者简介：舒老辉（1989.11—），男，学历：大专，毕业院校：江西交通职业技术学院，所学专业：模具设计与制造，目前职称：助理工程师。